



Universitat Autònoma de Barcelona

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  http://cat.creativecommons.org/?page_id=184

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>

**Influencia de
una propuesta
formativa centrada
en la modelización
en la evolución del
modelo científico
escolar de energía en
futuros docentes de física
y matemática**

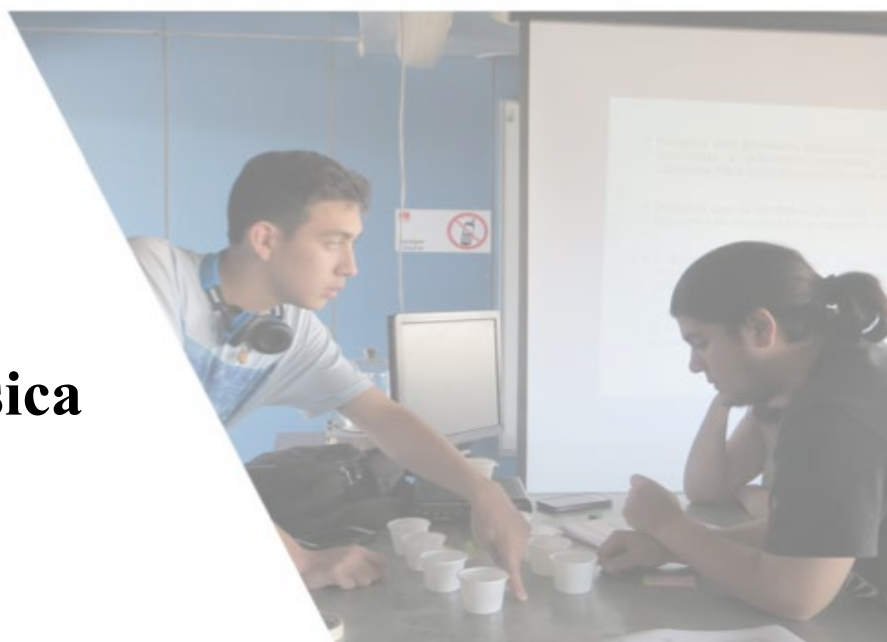
TESIS DOCTORAL

Macarena Belén Soto Alvarado

Directora

Digna Couso Lagarón

Bellaterra, Enero 2019



Macarena Belén Soto Alvarado (2019)

Tesis Doctoral. Programa de Doctorado en Educación (Universitat Autònoma de Barcelona), Bellaterra, Barcelona.

Palabras claves: Didáctica de las ciencias, práctica científica, modelización, modelos, formación inicial docente, energía.

Keywords: Science education, scientific practice, modeling, models, teachers' initial training, energy.

Portada: Liliana Jaque



Universitat Autònoma de Barcelona

DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LA MATEMÁTICA Y DE LAS CIENCIAS
EXPERIMENTALES

**“Influencia de una propuesta formativa centrada en la
modelización en la evolución del modelo científico escolar de
energía en futuros docentes de física y matemática”**

Nombre y firma del Doctorando: Macarena Soto Alvarado _____

Nombre y firma del Director : Digna Couso Lagarón _____

Bellaterra, Enero 2019

Dra. Digna Couso Lagarón, Profesora agregada del Departamento de Didáctica de la matemática y de las ciencias experimentales, con sede en la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad Autónoma de Barcelona.

HAGO CONSTAR QUE:

La investigación realizada bajo la dirección del firmante para la Licenciada Macarena Belén Soto Alvarado, con el título "Influencia de una propuesta formativa centrada en la modelización en la evolución del modelo científico escolar de energía en futuros docentes de física y matemática", reúne todos los requerimientos científicos, metodológicos y formales exigidos por la legislación vigente para su Lectura y defensa pública ante la correspondiente Comisión, por la obtención del Grado de Doctor en Educación por la Universidad Autónoma de Barcelona, por lo tanto consideramos procedente autorizar su presentación

Bellaterra, Enero 2019

Firma

*A mis padres Mónica y Juan Carlos
y a mi hermano Diego,
por quererme y ayudarme a concretar esta meta.*

*A todas las personas que me acompañaron
y aportaron para que esto fuera posible.*

Presentación

Este documento recoge el trabajo de Tesis Doctoral de Macarena Belén Soto Alvarado, matriculada en el programa de Doctorado de Educación con mención en Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias en la Universidad Autónoma de Barcelona.

La Tesis que se presenta fue inscrita en la Escuela de Doctorado de la Universidad Autónoma de Barcelona el 24 de enero de 2019.

Durante el período de realización de esta Tesis, se ha asistido y participado con comunicaciones orales y simposios en diversos congresos nacionales (como las Jornadas Nacionales de Enseñanza de las Ciencias de la Universidad de Playa Ancha y III HPST Latioamericano Conference-Santiago de Chile) e internacionales (como los 28 Encuentros de Didácticas de las Ciencias Experimentales en la Universidade da Coruña).

Finalmente, se han elaborado las siguientes publicaciones:

- Soto, M., Couso, D., López, V. y Hernández, M.I. (2017). Promoviendo la apropiación del modelo de energía en estudiantes de 4º de ESO a través del diseño didáctico. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 1(1), 90-106. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2003>
- Soto, M., Couso, D. y López, V. (2019). Una propuesta de enseñanza-aprendizaje centrada en el análisis del camino de la energía “paso a paso”. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16 (1), 1202.

Agradecimientos

"Donde haya un árbol que plantar, plántalo tú. Donde haya un error que enmendar, enmiéndalo tú. Donde haya un esfuerzo que todos esquivan, hazlo tú. Sé tú el que aparta la piedra del camino."

Gabriela Mistral, escritora chilena.

Y hubo muchas piedras en el camino, algunas las pude saltar sola pero muchas otras no las hubiese podido saltar sin la ayuda personas especiales que contribuyeron en este proceso.

En primer lugar quiero agradecer a mis padres Mónica y Juan Carlos y a mi hermano Diego por ser el pilar fundamental de mi vida, por estar siempre a mi lado, apoyarme, orientarme y no dejar que me diera por vencida en este proceso que no veía acabar. Los adoro!!!

Quiero agradecer a mi tutora Digna Couso por ser una maestra en mi formación profesional, pero también por ser mi consejera en todos los momentos de confusión (que fueron muchos) tanto en la ejecución de esta Tesis como a nivel personal. Gracias por toda la paciencia y por confiar en mi pese a que nada favorecía el término de esta Tesis, la quiero mucho.

Gracias a Anna Garrido por ser una gran inspiración de esta Tesis, por tus consejos, por escucharme, por ser una verdadera amiga.

Gracias también a Víctor López y a Marisa Hernández por su sabiduría, su sencillez y su constante disposición a ayudar. Fueron claves en este proceso y también una gran fuente de inspiración.

Quiero agradecer también a los miembros del Crecim: Élia Tena, Cristina Simarro, Carme Grimalt, Caterina Solé, Silvia Casal y Marina Jiménez por su apoyo constante en cosas tan simples pero realmente importantes como sacarme de apuros con una fotocopia, compartir conmigo en un almuerzo, un saludo cordial a diario, estar atentos a cómo estaba, un mensaje al celular de apoyo y por considerarme dentro de su grupo.

Gracias a las profesoras de la Universidad Autónoma de Barcelona por su cordialidad, buena disposición, sabiduría y apoyo constante. Gracias Conxita Márquez, Mariona Espinet, Mercè Izquierdo y Roser Pintó.

En este proceso también fue fundamental el apoyo de mis colegas de la Universidad de Santiago de Chile. Quiero agradecer a los profesores Bárbara Ossandón, Leonor Huerta, Bernardo Carrasco y Paolo Núñez por apoyarme y ayudarme en los momentos en los que fue necesario un reemplazo en mis asignaturas por motivos de mi viaje. Así como también

quiero agradecer al Decano de la Facultad de Ciencia Don Hernán Henríquez por su apoyo en la finalización de este proceso.

Quiero agradecer a mis estudiantes de los cohortes 2014, 2015 y 2016 por ser parte de este estudio y motivarme a seguir aprendiendo de ustedes. En especial a los que posteriormente se convirtieron en ayudantes de la asignatura Liliana Jaque, Thiare Santana, Alondra Mery, Javiera Poblete, Morine Valdebenito y Carlos Miranda.

Finalmente, y no por eso menos importantes, quiero agradecer a mis amigos del alma...

A Roser Garcia y Miguel Guillén (y a mi pequeño Miquel) por ser mis angelitos en Barcelona, por cuidarme, estar siempre a mi lado, por abrirme las puertas de su casa y ser amigos incondicionales. Los quiero demasiado y no saben la gratitud que tengo hacia ustedes y sus familias. Son mi familia en Barcelona, los adoro!

A mi amigo Ángel González, compañero de tantas aventuras vividas. Gracias por tu amistad sincera, por sacarme de las rutinas de estudio y porque gracias a ti conozco Catalunya, te quiero mucho.

A mis amigas Miriam Maldonado, Daisy Bustos y Francisca Álvarez que pese a la distancia siempre me acompañaron desde Chile. A diario dándome ánimo y ayudándome a no sentirme sola. Las quiero demasiado.

A mis abuelos, tios y primos, tanto de la familia Soto como de la Alvarado, que siempre me desearon lo mejor y dieron compañía a mis padres mientras me encontraba lejos.

Y a esas personas especiales que Dios pone en tu camino para acompañarte y aprender...

A Francisca Ubilla y Camilo Vergara por convertirse en mis amigos en este último periodo de la Tesis. Espero que nos reencontremos y trabajemos juntos.

Y a todos los que contribuyeron e hicieron posible esto.

Macarena Soto Alvarado

Enseñar siempre: en el patio y en la calle como en el salón de clase.

Enseñar con la actitud, el gesto y la palabra...

MAESTRO, sé fervoroso.

Para encender lámparas basta con llevar fuego en el corazón.

El amor a los niños enseña más caminos al que enseña que la pedagogía.

Gabriela Mistral, Chile, 1889 – 1957.

Resumen

La energía es un concepto físico que aparece transversalmente en todos los currículos de ciencia. Configura uno de los modelos científicos más importantes por su capacidad de dar explicación a múltiples fenómenos de nuestro entorno y del mundo en general y es uno de los conceptos científicos más utilizados en nuestra vida cotidiana. Pero, su universalidad también trae arraigadas complejidades intrínsecas en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Sin embargo, consideramos que su comprensión puede ser útil para desarrollar razonamientos científicos, predecir y tomar decisiones fundamentadas, contribuyendo a la alfabetización científica de los estudiantes.

La construcción de un modelo tan complejo como el de energía no es algo trivial, por este motivo en esta investigación se quiere promover una enseñanza de las ciencias desde el marco de las prácticas científicas, donde los estudiantes participen de una Actividad Científica Escolar (ACE) análoga a la de la ciencia. Desde esta perspectiva se pretende que los estudiantes adquieran conocimientos sobre el contenido (construyendo un modelo energético que contemple las ideas de naturaleza, transferencia, degradación y conservación de la energía) así como resaltar el rol de la cognición (razonamientos) y la construcción de explicaciones para dar significado a los fenómenos a través de la práctica de modelización.

Consideramos esencial que los futuros profesores tengan la posibilidad de ser partícipes de prácticas científicas para ir construyendo sus propias versiones del modelo científico escolar (MCE) de energía. Asimismo para aprender acerca de las ciencias y su naturaleza, y poder experimentar en primera persona con la ACE que queremos que utilicen en su próximo quehacer docente.

Por lo anterior, en esta investigación nos hemos centrado en analizar la influencia de una secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA) modelizadora en la evolución del modelo de energía de futuros profesores de física y matemática chilenos. Así como en identificar qué actividades de la SEA han contribuido en mayor medida en esta evolución.

Los principales resultados que hemos encontrado es que los profesores construyen con mayor facilidad las ideas de naturaleza de la energía y transferencia de la energía, pero evidencian dificultades en las ideas de degradación y conservación de la energía del MCE.

Por otra parte, hemos identificado a partir de un análisis individual, que los futuros profesores construyen un modelo energético cercano al MCE de energía deseado dando evidencias de niveles de dominio del MCE adecuados, sin embargo, al finalizar la SEA declaran que enseñarían aspectos en torno a la energía (en sus futuras clases) menos sofisticados que los que han construido. Estos resultados manifiestan la importancia de una reflexión en torno a los conocimientos didácticos del contenido durante su formación profesional.

Finalmente, las actividades que más contribuyen en la evolución de los modelos son aquellas asociadas a la fase de expresar el modelo y evaluar / poner a prueba el modelo del ciclo de modelización propuesto por Garrido (2016). Las que coinciden con las actividades que los futuros profesores declaran que han contribuido en sus aprendizajes.

Al finalizar la SEA los futuros profesores reconocen el tipo de actividades que hemos desarrollado durante la implementación y la valoran por su aporte metodológico y por brindarles la posibilidad de construir un modelo energético que les hizo cuestionar sus aprendizajes previos en torno al tema.

Resum

L'energia és un concepte físic que apareix transversalment en tots els currículums de ciència. Configura un dels models científics més importants per la seva capacitat de donar explicació a múltiples fenòmens del nostre entorn i del món en general i és un dels conceptes científics més emprats en la nostra vida quotidiana. Però, la seva universalitat també porta arrelades complexitats intrínseques en els processos d'ensenyament i aprenentatge. Tot i això, considerem que la seva comprensió pot ser útil per desenvolupar raonaments científics, predir i prendre decisions fonamentades, contribuint a l'alfabetització científica dels estudiants.

La construcció d'un model tan complex com el d'energia no és una cosa trivial, per aquest motiu en aquesta investigació es vol promoure un ensenyament de les ciències des del marc de les pràctiques científiques, on els estudiants participin d'una Activitat Científica Escolar (ACE) anàloga a la de la ciència. Des d'aquesta perspectiva es pretén que els estudiants adquireixin coneixements sobre el contingut (construint un model energètic que contempli les idees de naturalesa, transferència, degradació i conservació de l'energia) així com ressaltar el paper de la cognició (raonaments) i la construcció d'explicacions per donar significat als fenòmens a través de la pràctica de modelització.

Considerem essencial que els futurs professors tinguin la possibilitat de ser participants de pràctiques científiques per anar construint les seves pròpies versions del model científic escolar (MCE) d'energia, així com per aprendre sobre les ciències i la seva naturalesa i poder experimentar en primera persona amb l'ACE que volem que utilitzin en la seva pròxima tasca docent.

Per tot això, en aquesta investigació ens hem centrat a analitzar la influència d'una seqüència d'ensenyament i aprenentatge (SEA) modelitzadora en l'evolució dels models energètics de futurs professors de física i matemàtica xilens, així com en identificar quines activitats de la SEA han contribuït en major mesura en aquesta evolució.

El resultat principal que hem trobat és que els professors construeixen amb més facilitat les idees de natura de l'energia i transferència de l'energia, però evidencien dificultats en les idees de degradació i conservació de l'energia del MCE.

Per una altra banda, hem identificat a partir d'una anàlisi individual que els futurs professors construeixen un model energètic proper al MCE d'energia desitjat donant evidències de

nivells de domini del MCE adequats, però, en finalitzar la SEA declaren que ensenyarien aspectes al voltant de l'energia (en les seves futures classes) menys sofisticats que els que han construït. Aquests resultats manifesten la importància d'una reflexió al voltant dels coneixements didàctics del contingut durant la seva formació professional.

Finalment, les activitats que més contribueixen a l'evolució dels models són aquelles associades a la fase d'expressar el model i avaluar / posar a prova el model del cicle de modelització proposat per Garrido (2016), les que coincideixen amb les activitats que els futurs professors declaren que han contribuït en els seus aprenentatges.

En finalitzar la SEA els futurs professors reconeixen el tipus d'activitats que hem desenvolupat durant la implementació i la valoren per la seva aportació metodològica i per brindar-los la possibilitat de construir un model energètic que els va fer qüestionar els seus aprenentatges previs al voltant del tema.

Abstract

Energy is a physics concept that appears transversely in all science curriculum. It is one of the most important scientific models due to its capacity of giving explanation to many phenomena in our environment and world in general and it is one of the most used scientific concepts in our daily life. However, its universality also brings inner rooted complexities in the teaching and learning process. However, we consider that its comprehension can be useful to develop scientific reasoning, predict and making informed decisions, contributing to scientific literacy of students.

The setting-up of a too complex model as the one of energy is not something banal, that is the reason why this investigation wants to promote a science teaching from the scientific practice setting, where students participate in a school scientific activity (ACE in Spanish) similar to science. From this perspective, it is pretended that students acquire knowledge about the content (making an energetic model that includes the ideas of nature, transfer, degradation and energy conservation) as well as highlighting the role of cognition (reasoning) and the explanation making to give meaning to phenomenon through the practice of modelling.

We consider important the idea that future teachers have the possibility of being participants of scientific practices in order to create their own versions of the School Scientific Model (MCE in Spanish). At the same time, to learn about science and nature, and to be able to experiment in first person with the ACE we want them to use in their next teacher task.

Due to the previous, we have focused in analysing the influence of a teaching-learning sequence (SEA in Spanish) in this investigation, modeller in the evolution of energetic model of future physics and mathematics Chilean teachers. As well as identifying which activities of SEA have contributed the most in this evolution.

The main results we have found are teachers build easily the ideas of energy nature and energy transfer, but they see drawbacks in the ideas of energy degradation and conservation of MCE.

On the other hand, we have identified through an individual analysis, that future teachers build an energetic model similar to the wanted MCE of energy, giving evidence of the correct control levels of MCE, however, when finishing SEA, they establish that they would teach less sophisticated aspects about energy (in their future classes) than the ones built. These

results show the importance of a meditation about the didactic knowledge of the content during the professional education.

Finally, the activities that contribute the most in models evolution are the ones associated with the phase of expressing the model and evaluate/put into practice the model of the modelling cycle proposed by Garrido (2016), which agree with the activities future teachers declare have contributed in their learning.

When finishing SEA, future teachers recognise the kind of activities we have developed during the implementation and value it due to its methodological input and for giving them the possibility of building an energetic model that makes them questioning about their previous learning of the subject.

Índice

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema y su justificación	7
1.1.1. Problemáticas asociadas a la enseñanza y el aprendizaje de la energía	7
1.1.2. Enseñanza de la energía en el currículum chileno vigente	12
1.1.3. Modelización en la formación inicial docente	27
1.2. Objetivos y preguntas de investigación	29
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	35
2.1. Modelo Científico escolar de energía	38
2.2. Enfoque de las prácticas científicas	48
2.2.1. Las prácticas de la ciencia y de la ciencia escolar	48
2.2.2. Las prácticas de la ciencia escolar	51
2.2.3. La actividad científica escolar (ACE)	53
2.3. Visiones de modelos y modelización	54
2.3.1. Polisemia del concepto modelo y modelo científico	54
2.3.2. Modelos mentales (MM)	57
2.3.3. Modelo Científico Escolar (MCE)	60
2.4. Construir un MCE a través de la modelización	62
2.5. Progresar modelizando diferentes versiones del MCE	69
2.6. Secuencias de enseñanza – aprendizaje	73
2.7. Los trabajos prácticos en las aulas de ciencia	77
2.8. Formación inicial de docentes	80
2.8.1. Conocimiento del Contenido (Subject matter) y conocimiento didáctico del contenido (<i>Pedagogical Content Knowledge</i>)	85
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	89
3.1. Marco metodológico para el análisis del modelo de energía de los futuros docentes	93
3.2. Contexto y participantes	95
3.3. Estrategia de recolección de datos	98
3.3.1. Descripción del programa original de la asignatura Bases Físicas de los Seres Vivos y su Medio Ambiente y justificación de cambios	98
3.3.2. Descripción de la SEA modelizadora	105
3.3.3. Preguntas de los dossiers que constituyen nuestro instrumento de recolección de datos	138
3.3.4. Preguntas del test de entrada y salida que constituyen nuestro instrumento de recolección de datos	157
3.4. Estrategia de análisis de datos	162
3.4.1. Análisis y evolución del modelo de energía de los estudiantes	162
3.4.2. Análisis de las actividades que han influido en una mayor evolución de los MCE de energía de los estudiantes	165
3.4.3. Análisis de nivel de dominio del MCE de energía al inicio y al finalizar la implementación de una SEA centrada en la modelización	166
3.4.4. Análisis de las declaraciones de los estudiantes en el test de entrada y salida	167
3.4.5. Análisis de los niveles de dominio del MCE de energía declarado por los futuros profesores	168

3.4.6. Actividades que declaran los futuros profesores que han contribuido en su aprendizaje y percepciones respecto a la modelización	168
3.4. Esquema resumen de estrategia y recolección de análisis de datos	169
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	171
4.1. Resultados del análisis de los modelos de los estudiantes	175
4.1.1. Estadios del MCE de energía de los estudiantes.....	175
4.1.2. Progresión de las ideas del modelo de energía de los estudiantes a lo largo de la SEA	185
4.1.3. Niveles de dominio del MCE de energía de los futuros profesores de física y matemática	260
4.1.4. Comparación entre los niveles de dominio del MCE de energía de los futuros profesores en un momento inicial y final	283
4.1.5. MCE de energía declarado por los futuros profesores en el test de entrada y salida	306
4.1.6. Niveles de dominio del MCE de energía declarado por los futuros profesores en el test de salida	320
4.1.7. Contraste entre el nivel de dominio del MCE de energía y el nivel de dominio del MCE de energía declarado por los futuros profesores	329
4.1.8. Aspectos que declaran los futuros profesores respecto a las actividades que consideran que fueron relevantes para aprender y respecto a las actividades de modelización	343
4.2. Discusión Global de resultados.....	357
4.2.1. Respecto a la evolución del modelo de energía de los estudiantes	357
4.2.2. Respecto a los niveles de dominio del MCE en un momento inicial y final... ..	363
4.2.3. Respecto a las ideas de energía declaradas por los futuros profesores en el test de entrada y salida	365
4.2.4. Respecto a los niveles de dominio del MCE declarado	370
4.2.5. Respecto a las actividades que contribuyen en la evolución de los MCE de los estudiantes	371
4.2.6. Respecto a las actividades que declaran los estudiantes que los han hecho aprender y la valoración de la modelización como método de enseñanza.....	374
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES	379
5.1. Conclusiones de cada análisis, limitaciones e implicaciones.....	381
5.1.1. Evolución de los modelos energéticos de los futuros profesores	381
5.1.2. Actividades que contribuyeron en la evolución de los modelos energéticos de los futuros profesores.....	389
CAPÍTULO 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	395
CAPÍTULO 7. GLOSARIO	405
CAPÍTULO 8. ANEXOS	411
8.1. Anexo 1: Dossier N°1	413
8.2. Anexo 2: Dossier N°2	424
8.3. Anexo 3: Dossier N°3	439
8.4. Anexo 4: Dossier N°4	456
8.5. Anexo 5: Test de entrada	468
8.6. Anexo 6: Test de salida.....	470

Índice de Figuras

Figura 1. Dibujo creado por un alumno participante de la investigación.....	59
Figura 2. Esquema del ciclo de modelización propuesto por Garrido (2016).	68
Figura 3. Ejemplo de una progresión de aprendizaje teórica para el modelo de gravitación del Proyecto 2061. Adaptado a la escolaridad del sistema español (Couso y Adúriz-Bravo, 2016).	72
Figura 4. Fundamento de los trabajos prácticos: los estudiantes hacen conexiones entre los dos dominios. Esquema propuesto por Millar et al. (2002).	78
Figura 5. Fases de modelización propuestas por Garrido (2016).	106
Figura 6. Fases de modelización en relación a construcción de la idea de naturaleza de la energía.	112
Figura 7. Fases de modelización para la construcción de la idea de transferencia de la energía a través de calor.	120
Figura 8. Fases de modelización para la construcción de la idea de transferencia de la energía a través de trabajo.	129
Figura 9. Fases de modelización para la construcción de las ideas de conservación y degradación de la energía.	135
Figura 10. Fases de modelización del ciclo completo de la SEA diseñada para construir un MCE de energía.	135
Figura 11. Implementación de la SEA.	138
Figura 12. Momentos y preguntas seleccionadas para el análisis de la idea 1 “naturaleza de la energía”.	142
Figura 13. Momentos y preguntas seleccionadas para el análisis de la subidea valor de la energía.	143
Figura 14. Momentos y preguntas seleccionadas para análisis de la subidea aprovechamiento de la energía.	144
Figura 15. Momentos y preguntas seleccionadas para análisis de la idea transferencia o camino de la energía.	148
Figura 16. Momentos y preguntas seleccionadas para análisis de las subideas de transferencia a través de calor a nivel macroscópico y microscópico.	150
Figura 17. Momentos y preguntas seleccionadas para análisis de las subideas de transferencia a través de trabajo a nivel macroscópico y microscópico.	152
Figura 18. Momentos y preguntas seleccionadas para análisis de las subidea equivalencia de mecanismos.	153
Figura 19. Momentos y preguntas seleccionadas para análisis de las ideas de conservación y degradación de la energía.	157
Figura 20. Ejemplo del estudiante A1 en la pregunta abierta relacionada con la enseñanza de la energía en test de entrada.	158
Figura 21. Ejemplo del estudiante A1 en la pregunta abierta relacionada con la enseñanza de la energía en test de salida.	158
Figura 22. Ejemplo de selección de actividades que realiza el estudiante A1 en test de entrada.	159
Figura 23. Ejemplo de respuesta de estudiante A3 para evaluar la asignatura.	160
Figura 24. Ejemplo de las tres propuestas de enseñanza aprendizaje hipotéticas planteadas en el test de salida.	161

Figura 25. Ejemplo de la descripción que realiza el estudiante A3 del tipo de clase implementada.....	161
Figura 26. Ejemplo de codificación en software Atlas ti.....	162
Figura 27. Ejemplo de categorías de las ideas naturaleza de la energía, transferencia, conservación y degradación de la energía.	163
Figura 28. Ejemplo de criterio de selección de varios estadios por momento a un estadio por momento.	164
Figura 29. Ejemplos de gráficas de progresiones de aprendizaje de estudios anteriores.	165
Figura 30. Ejemplo de representación de niveles de dominio del modelo de energía de los futuros profesores.	167
Figura 31. Síntesis de la estrategia de recolección y análisis de datos.....	169
Figura 32. Evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la naturaleza de la energía a lo largo de la SEA.	187
Figura 33. Actividades asociadas a la transición del momento M2 al M3 en el análisis de la evolución de la idea de naturaleza de la energía.....	194
Figura 34. Extracto de la actividad analizada en el momento M1 para el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la naturaleza de la energía.	195
Figura 35. Extracto de las actividades analizadas en el momento M2 para el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la naturaleza de la energía.	196
Figura 36. Actividades asociadas a la transición del momento M4 al M5 en el análisis de la evolución de la idea de naturaleza de la energía.....	197
Figura 37. Extracto de las actividades analizadas en el momento M5 para el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la naturaleza de la energía.	198
Figura 38. Evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la transferencia de la energía a lo largo de la SEA.	199
Figura 39. Actividades asociadas a la transición del momento M1 al M2 en el análisis de la evolución de la idea de transferencia de la energía.....	207
Figura 40. Actividades asociadas a la transición del momento M2 al M3 en el análisis de la evolución de la idea de transferencia de la energía.....	209
Figura 41. Estudiantes evaluando sus ideas respecto a la transferencia de la energía.	210
Figura 42. Actividades asociadas a la transición del momento M3 al M4 en el análisis de la evolución de las ideas de transferencia de la energía.	211
Figura 43. Estudiantes evaluando sus ideas respecto a la transferencia de la energía.	213
Figura 44. Evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la degradación de la energía a lo largo de la SEA.	214
Figura 45. Actividades asociadas a la transición del momento M1 al M2 en el análisis de la evolución de la idea de degradación de la energía.....	221
Figura 46. Actividades asociadas a la transición del momento M2 al M3 en el análisis de la evolución de la idea de degradación de la energía.....	223
Figura 47. Actividades asociadas a la transición del momento M3 al M4 en el análisis de la evolución de la idea de degradación de la energía.....	225
Figura 48. Estudiantes evaluando sus ideas respecto a la degradación de la energía.	226
Figura 49. Extracto de una actividad analizada en el momento M4 para promover la evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la degradación de la energía.	227
Figura 50. Evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la conservación de la energía a lo largo de la SEA.	228

Figura 51. Actividades asociadas a la transición del momento M3 al M4 en el análisis de la evolución de la idea de conservación de la energía.	235
Figura 52. Extracto de una actividad analizada en el momento M4 que intenta promover la evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la conservación de la energía.	236
Figura 53. Actividades asociadas a la transición del momento M4 al M5 en el análisis de la evolución de la idea de conservación de la energía.	237
Figura 54. Estudiantes evaluando sus ideas respecto a la conservación de la energía.	238
Figura 55. Evolución de los estudiantes respecto a la subidea valor absoluto de la energía a lo largo de la SEA.	239
Figura 56. Evolución de los estudiantes respecto a la subidea aprovechamiento de la energía a lo largo de la SEA.	241
Figura 57. Estudiantes evaluando sus subideas respecto al AP.	242
Figura 58. Evolución de las subideas de los estudiantes respecto al mecanismo de calor a nivel microscópico a lo largo de la SEA.	244
Figura 59. Estudiantes evaluando sus ideas respecto al mecanismo de calor a nivel microscópico.	245
Figura 60. Evolución de las subideas de los estudiantes respecto al mecanismo de calor a nivel macroscópico a lo largo de la SEA.	247
Figura 61. Frecuencia del uso que dan los estudiantes a cada subidea de calor macroscópico y microscópico en cada momento.	250
Figura 62. Evolución de las subideas de los estudiantes respecto al mecanismo de trabajo a nivel microscópico a lo largo de la SEA.	251
Figura 63. Estudiantes evaluando sus subideas respecto al mecanismo de trabajo a nivel microscópico.	253
Figura 64. Evolución de las subideas de los estudiantes respecto al mecanismo de trabajo a nivel macroscópico a lo largo de la SEA.	254
Figura 65. Estudiantes evaluando sus subidea respecto a WM2b.	255
Figura 66. Estudiantes plasmando sus modelos en relación con la subidea QM2a para revisarlos junto a sus pares.	256
Figura 67. Frecuencia del uso de cada subidea de trabajo a nivel macroscópico y microscópico en cada momento.	257
Figura 68. Evolución de los estudiantes respecto a la subidea equivalencia de mecanismos a lo largo de la SEA.	258
Figura 69. Grado de sofisticación de las ideas del modelo de energía de los estudiantes A11, A14 y A7 en un momento inicial.	269
Figura 70. Grado de sofisticación de las ideas del modelo de energía de los estudiantes A1, A2, A3, A4, A5, A6, A8, A12, A15, A17 y A21 en un momento inicial.	270
Figura 71. Grado de sofisticación de las ideas del modelo de energía de los estudiantes A9, A10, A13, A16, A18, A19, A20 y A22 en un momento inicial.	271
Figura 72. Tipo de modelo de energía de los estudiantes A4, A5, A7, A11 y A14 en un momento inicial.	273
Figura 73. Tipo de modelo de energía de los estudiantes A2, A3, A6, A10, A15, A16, A17 y A21 en un momento inicial.	274
Figura 74. Tipo de modelo de energía de los estudiantes A1, A8 y A12 en un momento inicial.	274
Figura 75. Tipo de modelo de energía de los estudiantes A9, A13, A18, A19, A20 y A22 en un momento inicial.	275

Figura 76. Grado de sofisticación de las ideas del modelo de energía de los estudiantes A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A18 y A19 en un momento final.....	277
Figura 77. Grado de sofisticación de las ideas del modelo de energía de los estudiantes A16, A17, A20, A21 y A22 en un momento final.....	279
Figura 78. Tipo de modelo de energía de los estudiantes A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A18 y A19 en un momento final.	281
Figura 79. Tipo de modelo de energía de los estudiantes A16, A17, A20, A21 y A22 en un momento final.....	282
Figura 80. Contraste entre el nivel de dominio de las ideas del MCE en un momento inicial y final de los estudiantes A4 y A10.	285
Figura 81. Contraste entre el nivel de dominio de las ideas del MCE en un momento inicial y final de los estudiantes A1, A2 y A9.	286
Figura 82. Contraste del nivel de dominio de las ideas del MCE en un momento inicial y final de los estudiantes A3 y A6.	287
Figura 83. Contraste del nivel de dominio de las ideas del MCE en un momento inicial y final de los estudiantes A11, A13 y A15.....	289
Figura 84. Contraste del nivel de dominio de las ideas del MCE en un momento inicial y final de los estudiantes A8 y A18.	290
Figura 85. Contraste del nivel de dominio de las ideas del MCE en un momento inicial y final de los estudiantes A7, A12 y A19.....	292
Figura 86. Contraste del nivel de dominio de las ideas del MCE en un momento inicial y final del estudiante A5 y A14.....	293
Figura 87. Contraste del nivel de dominio de las ideas del MCE en un momento inicial y final de los estudiantes A16 y A17.	294
Figura 88. Contraste del nivel de dominio de las ideas del MCE en un momento inicial y final de los estudiantes A20, A21 y A22.....	296
Figura 89. Evolución de la idea de naturaleza de la energía de un momento inicial a un momento final.....	299
Figura 90. Evolución de la idea de transferencia de la energía de un momento inicial a un momento final.....	300
Figura 91. Evolución de la idea de transferencia de la energía de un momento inicial a un momento final.....	301
Figura 92. Evolución de la idea de degradación de la energía de un momento inicial a un momento final.....	302
<i>Figura 93.</i> Ejemplo de modelo equilibrado en un momento inicial y final.	304
<i>Figura 93.</i> Ejemplo de modelo incompleto que obvia la conservación de la energía en un momento inicial y final.	305
<i>Figura 95.</i> Ejemplo de modelo altamente incompleto en un momento inicial que pasa a modelo equilibrado en un momento final.	305
<i>Figura 96.</i> Ejemplo de modelo altamente incompleto en un momento inicial que pasa a modelo incompleto que obvia la conservación de la energía en un momento final.....	306
Figura 97. Aspectos que señalan los estudiantes en torno a la idea de naturaleza de la energía en test de entrada.	308
Figura 98. Aspectos que señalan los estudiantes en torno al modelo: Transferencia de energía en test de entrada.	309

Figura 99. Aspectos que señalan los estudiantes en torno a la idea de conservación y degradación de la energía en test de entrada.	311
Figura 100. Otros aspectos en torno a la enseñanza de la energía que señalan los estudiantes en test de entrada.	312
Figura 101. Resumen de ideas del modelo de energía que los estudiantes declaran en el test de entrada.	313
Figura 102. Aspectos que señalan los estudiantes en torno a la naturaleza de la energía en test de salida.	314
Figura 103. Aspectos que señalan los estudiantes en torno a la idea de transferencia de la energía en el test de salida.	316
Figura 104. Aspectos que señalan los estudiantes en torno a las ideas de degradación y conservación de la energía en el test de salida.	317
Figura 105. Resumen de ideas del modelo de energía que los estudiantes mencionan en el test de salida.	318
Figura 106. Contraste de ideas del modelo de energía declaradas por los estudiantes en test de entrada y salida.	319
Figura 107. Grado de sofisticación de las ideas del MCE de energías declaradas por el estudiante A1.	321
Figura 108. Grado de sofisticación de las ideas del MCE de energías declaradas por los estudiantes A6, A10, A13, A16 y A21.	323
Figura 109. Grado de sofisticación de las ideas del MCE de energías declaradas por los estudiantes A2, A3, A4, A5, A7, A8, A9, A11, A12, A14, A15, A17, A18 y A20.	325
Figura 110. Tipo de modelo inferido de las declaraciones del estudiantes A1.	326
Figura 111. Tipo de modelo inferido de las declaraciones de los estudiantes A6 y A13.	326
Figura 112. Tipo de inferido de las declaraciones del estudiantes A16.	327
Figura 110. Tipo de modelo inferido de las declaraciones del estudiantes A10.	327
Figura 114. Tipo de modelo inferido de las declaraciones del estudiantes A21.	328
Figura 115. Tipo de modelo inferido de las declaraciones de los estudiantes A2, A3, A4, A5, A7, A8, A9, A11, A12, A14, A15, A17, A18 y A20.	329
Figura 116. Contraste entre el nivel de dominio del MCE con el nivel de dominio del MCE declarado por los estudiantes A4 y A10.	330
Figura 117. Contraste entre el nivel de dominio del MCE con el nivel de dominio del MCE declarado por los estudiantes A1, A2 y A9.	332
Figura 118. Contraste entre el nivel de dominio del MCE con el nivel de dominio del MCE declarado por los estudiantes A3, A6 y A8.	333
Figura 119. Contraste entre el nivel de dominio del MCE con el nivel de dominio del MCE declarado por los estudiantes A7 y A12.	334
Figura 120. Contraste entre el nivel de dominio del MCE con el nivel de dominio del MCE declarado por los estudiantes A13, A15 y A11.	335
Figura 121. Contraste entre el nivel de dominio del MCE con el nivel de dominio del MCE declarado por los estudiantes A18, A14 y A5.	336
Figura 122. Contraste entre el nivel de dominio del MCE con el nivel de dominio del MCE declarado por los estudiantes A16 y A17.	337
Figura 123. Contraste entre el nivel de dominio del MCE con el nivel de dominio del MCE declarado por los estudiantes A20 y A21.	338
Figura 124. Ejemplo de un tipo de modelo equilibrado en un momento final y equilibrado inferido de sus declaraciones.	341

Figura 125. Ejemplo de un estudiante con un tipo de modelo incompleto en un momento final y un modelo altamente incompleto inferido de sus declaraciones.	342
Figura 126. Porcentaje de estudiantes que escogen actividades de modelización u otras, posterior a la implementación.	345
Figura 127. Tipos de actividades que los estudiantes declaran que los hicieron aprender en test de salida.	346
Figura 128. Tipos de actividades que los estudiantes declaran que los hicieron aprender relacionadas con la fase de modelización poner a prueba / evaluar el modelo.	347
Figura 129. Tipos de actividades que los estudiantes declaran que los hicieron aprender relacionadas con la fase de modelización revisar / consensuar el modelo.	348
Figura 130. Aspectos que los estudiantes declaran que les hicieron falta en la SEA para aprender mejor.	349
Figura 131. Aspectos en relación con el contenido / ejecución que los estudiantes declaran que les hicieron falta en la SEA para aprender mejor.	350
Figura 132. Aspectos en relación con recursos que los estudiantes declaran que les hicieron falta en la SEA para aprender mejor.	351
Figura 133. Porcentaje de estudiantes que identifican el tipo de propuesta aplicada en el diseño de la SEA.	353
Figura 141. Porcentaje de estudiantes que selecciona cada propuesta de enseñanza y aprendizaje.	354

Índice de Tablas

Tabla 1. OA de los ejes asociados a la energía en el primer ciclo de escolaridad	14
Tabla 2. OA del eje temático Física del segundo ciclo de escolaridad	17
Tabla 3. CMO del subsector “Física” de los niveles 3º y 4º medio del segundo ciclo de escolaridad	19
Tabla 4. CMO del subsector “Física” de los niveles 3º y 4º medio del segundo ciclo de escolaridad	21
Tabla 5. Grandes Ideas de la ciencia	23
Tabla 6. Estándar disciplinar de física relacionado con la energía	24
Tabla 7. MCE de energía que se potencia en esta investigación	47
Tabla 8. Ciclo de modelización propuesto por Garrido (2016)	67
Tabla 9. Plan de estudios de la Pedagogía en Física y Matemática/Licenciatura en Educación de Física y Matemática	96
Tabla 10. Planificación de la Unidad I “Energía potencial elástica/ cinética/ gravitacional” de la asignatura Bases Físicas de los Seres Vivos y su Medio Ambiente entre los años 2005 al 2015	99
Tabla 11. Planificación de la Unidad II “Energía eléctrica/ magnética” de la asignatura Bases Físicas de los Seres Vivos y su Medio Ambiente entre los años 2005 al 2015	99
Tabla 12. Planificación de la Unidad III “Energía calórica” de la asignatura Bases Físicas de los Seres Vivos y su Medio Ambiente entre los años 2005 al 2015	100
Tabla 13. Planificación de la Unidad IV “Energía solar / eólica” de la asignatura Bases Físicas de los Seres Vivos y su Medio Ambiente entre los años 2005 al 2015	101
Tabla 14. Idea de la naturaleza de la energía del MCE asociado al Dossier 1	107
Tabla 15. Esquema de la secuencia didáctica para construir la idea de naturaleza de la energía	108
Tabla 16. Idea de transferencia de la energía del MCE asociada al Dossier 2	113
Tabla 17. Esquema de la secuencia didáctica para la construcción de la idea de transferencia de energía a través de calor	114
Tabla 18. Idea de transferencia de la energía del MCE asociado al Dossier 3	120
Tabla 19. Esquema de la secuencia didáctica para la construcción de la idea de transferencia de energía a través de trabajo	122
Tabla 20. Ideas de conservación y degradación de la energía del MCE asociadas al Dossier 4	129
Tabla 21. Esquema de la secuencia didáctica para la construcción de las ideas de conservación y degradación de la energía	131
Tabla 22. Preguntas que componen al Ítem I de respuesta alterna	136
Tabla 23. Ejemplos de preguntas que componen al Ítem II de respuesta extensa	137
Tabla 24. Instrumento de recolección de datos para el análisis de la idea de naturaleza de la energía	140
Tabla 25. Instrumento de recolección de datos para el análisis de la subidea valor de la energía	142
Tabla 26. Instrumento de recolección de datos para el análisis de la subidea aprovechamiento de la energía	143
Tabla 27. Instrumento de recolección de datos para el análisis de la idea transferencia o camino de la energía	145

Tabla 28. Instrumento de recolección de datos para el análisis de las subideas de transferencia de energía a través de calor a nivel macroscópico y microscópico	149
Tabla 29. Instrumento de recolección de datos para el análisis de las subideas de transferencia de energía a través de trabajo a nivel macroscópico y microscópico	151
Tabla 30. Instrumento de recolección de datos para el análisis de la subidea equivalencia de mecanismos	153
Tabla 31. Instrumento de recolección de datos para el análisis de las ideas de conservación y degradación de la energía.....	154
Tabla 32. Estadios de la idea naturaleza de la energía (ES) del MCE de energía.....	175
Tabla 33. Estadios de la subidea valor absoluto (VA) del MCE de energía	176
Tabla 34. Estadios de la subidea aprovechamiento energético (AP)	176
Tabla 35. Estadios de la idea de transferencia de energía (WQ) del MCE de energía ..	177
Tabla 36. Estadios de las subideas de calor a nivel macroscópico y microscópico (QM y Qm) del MCE de energía.	179
Tabla 37. Estadios de las subideas de trabajo a nivel macroscópico y microscópico (WM y Wm) del MCE de energía.....	181
Tabla 38. Estadios de la subidea equivalencia de mecanismos (EQW) del MCE de energía	183
Tabla 39. Estadios de la idea de conservación de la energía del MCE.....	183
Tabla 40. Estadios de la idea de degradación de la energía del MCE	184
Tabla 41. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea ES del M1 al M2	190
Tabla 42. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea ES del M2 al M3	191
Tabla 43. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea ES del M3 al M4	191
Tabla 44. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea ES del M4 al M5	192
Tabla 45. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea ES del M5 al M6	192
Tabla 46. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea ES del M6 al M7	193
Tabla 47. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea WQ del M1 al M2	203
Tabla 48. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea WQ del M2 al M3	204
Tabla 49. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea WQ del M3 al M4	204
Tabla 50. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea WQ del M4 al M5	205
Tabla 51. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea WQ del M5 al M6	206
Tabla 52. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea WQ del M6 al M7	206
Tabla 53. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea D del M1 al M2	217

Tabla 54. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea D del M2 al M3	218
Tabla 55. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea D del M3 al M4	219
Tabla 56. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea D del M4 al M5	219
Tabla 57. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea D del M5 al M6	220
Tabla 58. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea C del M1 al M2	231
Tabla 59. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea C del M2 al M3	231
Tabla 60. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea C del M3 al M4	232
Tabla 61. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea C del M4 al M5	233
Tabla 62. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea C del M5 al M6	234
Tabla 63. Descripción de la categoría grado alto de dominio de las ideas del MCE de energía	263
Tabla 64. Descripción de la categoría grado medio de dominio de las ideas del MCE de energía	264
Tabla 65. Descripción de la categoría grado básico de dominio de las ideas del MCE de energía	264
Tabla 66. Descripción de la categoría grado bajo de dominio de las ideas del MCE de energía	265
Tabla 67. Descripción de la categoría modelo equilibrado de los estudiantes	265
Tabla 68. Descripción de la categoría modelo de los estudiantes que obvia la conservación de la energía	266
Tabla 69. Descripción de la categoría modelo de los estudiantes que obvia la degradación de la energía	266
Tabla 70. Descripción de la categoría modelo de los estudiantes que obvia la naturaleza de la energía	267
Tabla 71. Descripción de la categoría modelo de los estudiantes que obvia la transferencia de la energía	267
Tabla 72. Descripción de la categoría modelo incompleto de la energía de los estudiantes	268
Tabla 73. Grado de sofisticación del MCE de los estudiantes en un momento inicial y final	296
Tabla 74. Clasificación de estudiantes en grupos según cantidad de cambios en sus grados de sofisticación de las ideas del MCE de energía del momento inicial al final	297
Tabla 75. Cantidad de saltos que experimenta cada estudiante en cada idea del MCE desde un momento inicial al final	297
Tabla 76. Estudiantes que experimentan una mayor cantidad de saltos en la evolución de cada idea del MCE desde el momento inicial al final	303
Tabla 73. Tipo de modelo de los estudiantes en un momento inicial y final	303

Tabla 78. Grado de sofisticación del MCE de los estudiantes en un momento final y grado de sofisticación del MCE declarado	339
Tabla 79. Tipo de modelo de los estudiantes en un momento final y tipo de modelo inferido de sus declaraciones	340

CAPÍTULO 1.

INTRODUCCIÓN

La investigación que hemos realizado en el trabajo de fin de máster (Soto, 2013) nos brindó la posibilidad de conocer los contenidos y algunas de las metodologías utilizadas en las aulas de Catalunya para la enseñanza y el aprendizaje del concepto de energía. A partir de la revisión de materiales didácticos como los del proyecto de Física en Contexto o las prácticas del proyecto REVIR de la Universidad Autónoma de Barcelona y teniendo la evidencia de las múltiples investigaciones didácticas realizadas en el contexto cercano en relación a la enseñanza y aprendizaje de la energía (Pintó, 1991, Solbes & Tarín, 1998; Doménech et al., 2003; Pintó, Couso & Gutiérrez, 2005, López y Pintó, 2012, por nombrar solo algunos), constatamos que algunos aspectos del modelo de la visión de la energía planteada por Ogborn (1986), los denominados *energy-related concepts*, están incluidos (o al menos mencionados) en el currículum oficial. En el caso de Chile, que es nuestro contexto de investigación, las ideas de transferencia de la energía, trabajo y calor como mecanismos de transferencia de energía y la degradación de la energía no se mencionan o no se plasman adecuadamente en las bases curriculares y en el marco curricular oficial de ciencias.

Sin embargo, a pesar de las mejoras en el currículum de Catalunya y a las innovaciones didácticas propuestas, los *energy-related concepts* no necesariamente han llegado a las aulas. De hecho, la evidencia empírica obtenida en la investigación previa (Soto, 2013; Soto, Couso, López, & Hernández, 2017; Soto, Couso & López, 2019) mostró que los estudiantes¹ participantes del estudio comenzaban mencionando múltiples concepciones alternativas con respecto a la energía en sus respuestas iniciales, las que poco a poco fueron disminuyendo a medida que ejecutaban el diseño que implementamos.

Dentro de los tres grupos de alumnos investigados se evidenciaron cambios modestos, pero positivos en la evolución de sus modelos de energía después de una sesión de trabajo práctico orientado a la modelización de las ideas de energía asociada al estado de un sistema, la transferencia de la energía a través de calor y trabajo, conservación y degradación de la energía (Soto, 2013; Soto et al., 2017; Soto et al, 2019).

En este sentido, y considerando las múltiples complejidades asociadas a la enseñanza y el aprendizaje de la energía (que presentaremos en el apartado 1.1.1), vimos interesante analizar cómo influye en la evolución del modelo de energía de futuros profesores la implementación de una SEA en un tiempo prolongado que permita ir construyendo paso a

¹ Hablaremos de estudiantes, alumnos, futuros profesores, docentes o maestros haciendo referencia a ambos géneros (masculino y femenino) para facilitar la lectura de esta Tesis Doctoral.

paso un modelo científico escolar (desde ahora MCE) en base a resultados de investigación, no solo sobre ideas previas y dificultades de los estudiantes en este tema, sino también sobre la enseñanza de las ciencias centrada en la modelización o modelización basada en la indagación (MBI) (Schwarz & Gwekwerere, 2007; Couso & Garrido, 2017; Couso, 2014), que pudiéramos implementar en contexto real. Para revisar este diseño y su implementación y contribuir a las ideas sobre MBI, nos propusimos también como objetivo de investigación conocer qué actividades de la SEA contribuyen en mayor medida a la evolución del modelo de energía de los futuros profesores desde estadios menos sofisticados a estadios más sofisticados, siguiendo la lógica de las progresiones de aprendizaje para la elaboración de estos estadios (Duschl, Maeng, & Sezen, 2011).

Por último, y puesto que nuestro contexto es el de formación inicial docente, nos propusimos conocer la visión de los estudiantes respecto a la metodología utilizada en la misma y a qué ideas en torno a la energía consideran claves para la enseñanza. En ese sentido, un último objetivo de la investigación era conocer las ideas de los estudiantes sobre el contenido y la metodología para enseñar este contenido, que son aspectos del conocimiento didáctico del contenido de los mismos (Shulman, 1986; Mellado, 2003).

Para atender a estos planteamientos esta Tesis está distribuida en diferentes capítulos, donde se van presentando los diferentes aspectos trabajados para dar respuesta a nuestros objetivos.

En el capítulo 1 (Introducción) hemos presentado una breve síntesis del problema de investigación dando a conocer las principales dificultades asociadas al proceso de enseñanza y aprendizaje de la energía, mencionando la importancia de la modelización en clases de ciencia y sobre todo en formación inicial docente y luego contextualizando esta problemática al currículum chileno. Esto con la intención de complementar los antecedentes que hemos planteado recién e introducir las preguntas y objetivos de esta investigación.

En el capítulo 2 (Marco teórico) damos a conocer el modelo científico escolar de energía que potenciaremos en nuestra secuencia de enseñanza – aprendizaje. Definimos qué entendemos por práctica científica y actividad científica escolar. Realizamos una distinción entre los diferentes tipos de modelos y describimos el proceso de modelización. Hablamos de la importancia de los trabajos prácticos en ciencia y del diseño de SEAS centradas en

la modelización. Finalizamos este capítulo hablando de la formación inicial docente y de la importancia de que los futuros profesores sean partícipes de prácticas que contribuyan en el desarrollo de su conocimiento del contenido, de su conocimiento didáctico del contenido y que sean análogas a las que se realizan en ciencia.

En el capítulo 3 (Marco metodológico) presentamos el contexto de estudio, los fundamentos del diseño de la SEA y los instrumentos de recolección y análisis de datos. Por una parte, para conocer la evolución del modelo de energía de los futuros profesores de física y matemática, sus niveles de dominio del MCE de energía, sus declaraciones en torno a qué aspectos de la energía son claves a enseñar (a los que llamamos niveles de dominio del MCE declarado). Así como para identificar qué actividades contribuyen en la evolución de sus modelos y las declaraciones de los estudiantes en cuanto a la metodología usada y qué actividades contribuyeron en su aprendizaje.

En el capítulo 4 (Resultados) comenzamos dando respuesta a las preguntas de investigación 1 y 3 (en conjunto): analizando la evolución del modelo energético de los futuros profesores de física y matemática e identificando qué actividades fueron claves en esta evolución. Posteriormente dimos respuesta a las preguntas 2.1, 2.2 y 2.3: describiendo los niveles de dominio de las ideas del MCE de energía que predominan al inicio y al finalizar la SEA y posteriormente comparando ambos momentos (inicial y final).

Luego dimos respuesta a las preguntas 2.4, 2.5 y 2.6: dando a conocer qué ideas importantes a enseñar en relación con la energía declaran los estudiantes antes y después de la SEA, qué niveles de dominio del MCE declarado surgen al finalizar la SEA y comparando estos niveles de dominio declarados con los niveles de dominio del MCE de energía finales.

Concluimos este capítulo dando respuesta a las preguntas 3.1 y 3.2: dando a conocer qué aspectos o actividades declaran los futuros profesores que fueron relevantes para aprender durante la implementación y posteriormente comparándolos con las actividades o aspectos del diseño de la SEA que contribuyen en la evolución del modelo de energía de los futuros profesores.

En el capítulo 5 (Conclusiones) presentamos las principales contribuciones de esta Tesis, sus limitaciones e implicaciones en cada uno de los aspectos que analizamos.

En el capítulo 6 (Referencias bibliográficas) presentamos la literatura utilizada en todos los capítulos. Mientras que en el capítulo 7 (Glosario) presentamos un glosario de los principales términos que hemos utilizado en esta Tesis.

Finalizamos con el capítulo 8 (Anexos) donde se encuentran los dossiers que componen nuestra SEA, así como los test de entrada y salida. En formato digital incorporamos los datos analizados y los archivos con los análisis de cada estudiante.

1.1. Planteamiento del problema y su justificación

En este apartado se presentan las problemáticas asociadas a la enseñanza y el aprendizaje de la energía, se mencionan algunos elementos del currículum chileno vigente y la descripción de cómo ha ido cambiando en los últimos años para adecuarse a las necesidades del país y hablamos de la modelización en ciencias. Finalizamos este apartado con las preguntas y objetivos de investigación asociados a esta Tesis Doctoral.

1.1.1. Problemáticas asociadas a la enseñanza y el aprendizaje de la energía

La energía y sus conceptos asociados - los conocidos energy-related concepts propuestos por Ogborn (1986), es decir su conservación, su degradación y su transferencia configuran el que es, posiblemente, uno de los modelos científicos más centrales, potentes, fructíferos y unificadores de la ciencia (Ogborn, 1986; Solbes & Tarín, 1998; Millar, 2005; Neumann, Viering, Boone & Fischer, 2013). Hay un amplio abanico de fenómenos y contextos en los que la ciencia utiliza estas ideas para explicar los hechos del mundo (desde las cadenas tróficas hasta el calentamiento global, pasando por el origen del universo o los terremotos), así como la variedad de disciplinas en las que estas ideas están presentes (desde la termodinámica hasta la bioquímica, pasando por el electromagnetismo o la ingeniería) dan prueba de esta centralidad (Soto, Couso, López, & Hernández, 2017). No es extraño, por lo tanto que, en la ciencia escolar la energía y sus conceptos asociados gocen también de gran interés, estando presentes en todos los currículos (Solomon, 1985; Solbes & Tarín, 2004; Pérez-Landazábal & Varela-Nieto, 2006) y siendo una de las 10 grandes ideas de ciencia (Harlen, 2010). En el currículum chileno está presente en los objetivos fundamentales para la enseñanza de la física en las Bases Curriculares, en los contenidos mínimos obligatorios del Marco Curricular y en los estándares orientadores para las carreras de pedagogía (estos aspectos los explicaremos detalladamente más adelante).

Los actuales enfoques educativos que promueven la alfabetización y la competencia científica dan todavía más sentido a la enseñanza de la energía considerando que mirar el mundo a través de la energía ayuda a construir un pensamiento crítico y responsable, a tener herramientas para discutir y opinar sobre cuestiones socialmente relevantes como la carencia de recursos energéticos en el mundo y el mal uso que se hace de ellos, o bien sobre la necesidad de apostar como sociedad por maneras más eficientes y rentables de almacenar y transferir energía (García-Carmona & Criado, 2008, 2010).

No obstante, la misma centralidad y naturaleza unificadora de la energía y sus conceptos asociados también la hacen ser una de las ideas científicas más difíciles de enseñar y aprender de forma adecuada, hecho que se manifiesta en un bajísimo nivel de comprensión de esta idea en los estudiantes que terminan sus estudios de secundaria (Doménech, Limiñana, & Menargues, 2013). Más de 40 años de investigación en el campo, en temáticas sobre cómo enseñar y/o a aprender energía o cuáles son las principales dificultades y obstáculos en el proceso de enseñanza – aprendizaje, dan cuenta de esta problemática.

En la literatura se identifican cinco problemáticas principales:

1.- La propia selección de contenidos a enseñar (Obgorn, 1986; Doménech et al., 2003; López & Pintó, 2012a).

La discusión sobre qué ideas de energía enseñar en la escuela viene de lejos. ¿Es mejor hablar de transferencia o de transformación? O ¿Si la energía no es una sustancia material por qué decimos que se transfiere? No existe una única selección de ideas claves perfecta ni que no acarree algunas contradicciones insalvables. A pesar de ello, hay que buscar la manera de hablar de energía con nuestros estudiantes que sea lo más coherente con la ciencia y a la vez útil para ellos, cuidando que no obstaculice la comprensión de otros conceptos (Soto, Couso y López & 2019). Este aspecto lo abordaremos con mayor profundidad en el capítulo 2 (Marco teórico) donde definiremos el modelo científico escolar de energía que sustenta el diseño de nuestra secuencia de enseñanza - aprendizaje.

2.- Las múltiples concepciones alternativas y espontáneas identificadas históricamente en los estudiantes (Duit, 1981, 1984; Driver & Warrington, 1985; Pintó, 1991; Solbes & Tarín, 1998; Pérez, Marbà & Izquierdo, 2016).

Las investigaciones sobre las ideas de los estudiantes con respecto al concepto de energía, han señalado la existencia de una gran cantidad de ideas alternativas en las explicaciones que realizan los estudiantes en relación a fenómenos de su entorno. Algunos investigadores consideran que previo a la educación científica formal, los estudiantes entienden el término energía según sus propios marcos, de modo que estas ideas y significados forma parte de una estructura compleja que permite dar coherencia a sus explicaciones del mundo (Watts & Gilbert, 1983). Sin embargo, estas ideas recurrentes y contradictorias pueden constituir en algunos casos, auténticos obstáculos para un proceso adecuado de enseñanza – aprendizaje de la energía y sus conceptos asociados. Algunas de las ideas más comunes identificadas en la literatura son:

- Asociar la energía con objetos animados, señalando que los cuerpos que se mueven poseen energía.
- Asociar la energía a la vida o considerar que es una sustancia impregnada en los seres vivos.
- Considerar que la energía es un agente causal, algo que los cuerpos poseen y que les permite realizar alguna acción o algún cambio en el entorno.
- Considerar que la energía es una especie de sustancia que se almacena en los objetos, como por ejemplo, en los alimentos.
- Considerar que la energía es como una especie de sustancia que se impregna en las máquinas.
- Considerar que la energía se encuentra presente solo en los cuerpos calientes.
- Considerar que la energía es un combustible o un fluido que va de un cuerpo a otro.
- Definir la energía como la capacidad para realizar un trabajo.
- Considerar que la energía es algo que se crea se fabrica o se genera o que al final de una cadena energética, se pierde o incluso que se destruye.
- Considerar que la energía se transforme en fuerza o en calor.

Las causas de estas concepciones alternativas son muchas y variadas, como por ejemplo el uso de este concepto en el lenguaje cotidiano, los razonamientos espontáneos de los estudiantes, las analogías entre el modelo de energía y otros modelos físicos, entre otros. Prieto y Blanco (1997) señalan que está constatada la influencia que tienen las concepciones de los alumnos en el aprendizaje de la ciencia y los diversos orígenes que estas tienen, entre los que se encuentran la cultura en un sentido amplio y también los medios de comunicación.

3.- La versión de estas mismas concepciones identificadas en el profesorado y en los materiales educativos (De Almeida Pacca & Henrique, 2004; Solbes & Tarín, 2004; Pintó, Couso, & Gutierrez, 2005; Alomá & Malaver, 2007; Doménech et al., 2013).

Los libros de texto han sido a lo largo de la historia un material curricular muy utilizado para la enseñanza de las ciencias en todos los niveles educativos. En muchas ocasiones considerados como una fuente fidedigna de información, sin embargo, según algunos estudios como los de Alomá & Malaver (2007) y los de Solbes & Tarín (2004) se observa la presencia de concepciones alternativas asociadas a la energía y sus conceptos en varios de ellos. En casi todos los textos analizados el concepto de energía no se define de forma explícita (lo que no es extraño por la complejidad del concepto en si mismo) y se hace

referencia a ella en términos de tipos de energía (energía cinética, energía disponible, geotérmica, interna, potencial, rotacional, traslacional, etc.); como una propiedad que hace que las cosas funcionen o con una noción de la energía como una sustancia material capaz de modificar los cuerpos y producir cambios de estado. Los conceptos de calor y trabajo son definidos en algunos textos como formas de transferencia de energía, sin embargo, también aparecen frases que confunden por ejemplo, el calor como una forma de energía, como energía que se transfiere y el trabajo como la acción de una fuerza en un desplazamiento o como una forma de energía. En estos libros de texto también se observa que se menciona con mayor frecuencia la conservación de la energía y en menor medida su transferencia y degradación.

Por otra parte, estudios como los de Pintó et al. (2005) o Doménech et al. (2013) dan evidencia que estas mismas concepciones alternativas también están presentes en profesores en formación y en ejercicio. Destacan la presencia de ideas alternativas relacionadas con la degradación de la energía, la poca importancia que dan los docentes a identificar las concepciones alternativas de sus estudiantes y trabajarlas en clases o el descuido en el uso del lenguaje al expresarse con sus estudiantes. En base a este último punto, observan que los docentes intentan hacer más comprensibles algunas ideas para sus estudiantes pero, no siempre notan la forma en que las ideas se han reformulado en este proceso, utilizando frases como “la energía se ha perdido” o “la energía se consume en el proceso”. Esto no significa que estas ideas no se puedan mencionar, lo ideal es que tanto las explicaciones cotidianas como las científicas pueden coexistir, pero comprendiendo el significado científico que hay detrás de ellas.

4.- La falta de eficacia de las propuestas tradicionales que abordan esta temática (Doménech, 2000;2013; Pérez-Landazábal & Varela-Nieto, 2006).

La enseñanza de la energía es uno de los problemas recurrentes en la investigación en didáctica de las ciencias, lamentablemente los resultados de esta dan evidencia que la mayoría de alumnos terminan los estudios de secundaria sin una comprensión adecuada de dicho concepto (Doménech et al., 2013). Algunas investigaciones han tenido resultados positivos y han mostrado mejoras en el aprendizaje de los estudiantes a través de propuestas didácticas distintas de las habituales (Doménech, 2000; Solbes & Tarín, 2004; Pérez-Landazábal & Varela-Nieto, 2006; Soto et al., 2017) y otras (Solbes & Tarín, 1998; Doménech et al., 2013) se han centrado en encontrar las razones que expliquen las deficiencias del aprendizaje alcanzado. En base a algunos resultados de propuestas

implementadas por Pérez-Landazábal, Favieres, Manrique, & Varela (1995) y Pérez-Landazábal & Varela-Nieto (2006), los autores ponen de manifiesto la extraordinaria complejidad del proceso de enseñanza – aprendizaje de la Física y en concreto de la energía, así como la diversidad de las variables que intervienen y la necesidad de seguir realizando investigaciones en este campo.

Doménech et al., (2013) señalan la importancia de centrar la enseñanza de la energía de una forma similar a la que se trabaja en ciencias, es decir, enfrentando a los estudiantes a los problemas que se pretenden resolver con un propósito, abarcando los problemas desde un foco cualitativo, evidenciando su evolución y poniendo a prueba la validez de las concepciones que surjan (diseñando y realizando experiencias de laboratorio, constatando la validez de las predicciones cualitativas y cuantitativas, etc.), relacionando la energía con sus conceptos relacionados (trabajo y calor) y proponiendo utilizar sus expresiones para hacer predicciones cuantitativas, etc. También señalan la importancia de priorizar la profundidad de un concepto ante la amplitud para brindar los tiempos suficientes a los estudiantes para percibir la relevancia y el interés de los problemas que se van a tratar.

Estamos de acuerdo con estas sugerencias y destacamos la importancia de abarcar la energía en términos cualitativos considerando que, en la realidad de las aulas de ciencia se utilizan múltiples expresiones matemáticas para calcular la energía, donde los estudiantes muestran la capacidad de poder resolver problemas con complicadas relaciones matemáticas, sin embargo, estos no son capaces de interpretar o predecir los acontecimientos en situaciones reales o cercanas (Rozier, 1988, citado en Tiberghien, 1994).

5) La ambigüedad y complejidad del concepto en sí (Doménech, et al., 2003; Millar, 2005; Alomá & Malaver, 2007; López & Pintó, 2012;)

A todas las dificultades ya señaladas se le añade la propia ambigüedad y confusión del concepto en sí mismo, tal como señala Millar (2005) la enseñanza de la energía es un lío. Comenzando porque el concepto de energía no tiene de una única definición consensuada, ni desde un punto de vista científico ni desde un punto de vista didáctico, como tampoco hay claridad en cuál es la concepción de la energía más adecuada a enseñar en cada etapa educativa (García-Carmona & Criado, 2013).

Por otra parte, Millar (2005) menciona que la principal dificultad de la energía es ser, por un lado, una de las ideas más abstractas de la ciencia y al mismo tiempo, uno de los

términos científicos más cotidianos. Esta afirmación es reafirmada por Mans que señala (2008) que *“pocas palabras encontraríamos que usen al mismo tiempo el científico y la persona de la calle, la publicidad y el esotérico, el psicólogo y el político, el dietista y el artista de circo. Y lo más interesante del caso es que en la mayor parte de usos de la palabra los significados son bastante similares y homologables. Pero quizás habría que ser un poco más precisos cuando la usamos”* (citado en López & Pintó, 2012, p.1).

Parte de estas interferencias entre el lenguaje científico y cotidiano incluso se ven plasmadas en niveles de enseñanza universitaria (Doménech, et al., 2003; Alomá & Malaver, 2007). Blanco (2004) nos señala que aprender ciencia no supone solo la adquisición de ideas y conceptos nuevos sino la modificación de otros ya existentes o la integración de diferentes conceptos, utilizados en distintos contextos (la ciencia y la vida cotidiana). Algunos conceptos científicos básicos tienen significados bien distintos en la vida diaria interfiriendo en el aprendizaje de los conceptos si no se ayuda a los alumnos a diferenciarlos e integrarlos. El lenguaje que se utilizan en el contexto cotidiano y el de los medios de comunicación son una fuente de aprendizaje informal que es necesario tener en cuenta en la enseñanza de las ciencias.

Como hemos mencionado, a partir del campo de la didáctica de las ciencias en paralelo a las investigaciones en torno a las dificultades de la enseñanza y aprendizaje de la energía, se han elaborado distintas propuestas y aproximaciones didácticas para superarlas y conseguir así mejores resultados en el aprendizaje de la energía. Desde el proyecto pionero “Energy and Change” de la Nuffield Foundation hasta el reciente “Supporting Physics Teaching 11-14” de la británica Institut of Physics, múltiples propuestas han ofrecido recursos, contextos, ideas, actividades y ejemplos para construir un modelo escolar de energía adecuado. A pesar de ello, la discusión todavía existe dentro de la comunidad académica, lo que muestra que las cuestiones centrales en el área referentes a la enseñanza del modelo escolar de energía siguen abiertas (Soto, et al., 2017).

1.1.2. Enseñanza de la energía en el currículum chileno vigente

El currículum vigente en Chile está regulado por la ley N° 20.370 conocida como Ley General de Educación (mencionada también por sus siglas LGE) la que está vigente desde el 17 de agosto del año 2009. Esta ley deroga a la ley N°18.962 conocida como Ley Orgánica Constitucional de Educación (mencionada también por sus siglas LOCE) que estuvo vigente desde año 1990.

La LGE establece que la escolaridad en Chile queda dividida en dos ciclos de igual cantidad de años, un primer ciclo de 1° básico a 6° básico (estudiantes de 6 a 11 años aproximadamente) y un segundo ciclo de 7° básico a 4° medio (estudiantes de 12 años a 17 años aproximadamente).

Actualmente en el primer ciclo se desarrolla la asignatura de ciencias naturales que agrupan aquellas disciplinas que tienen por objeto el estudio de la naturaleza, como la Biología, la Química, la Física, la Botánica, la Geología y la Astronomía. *“En su conjunto, estas disciplinas abordan una amplia variedad de fenómenos naturales: los seres vivos, sus características y sus distintas formas de interactuar con el ambiente; la materia, la energía y sus transformaciones; el sistema solar, sus componentes y movimientos; y la Tierra y sus diversas dinámicas. El aprendizaje de estos fenómenos permite, por un lado, desarrollar una visión integral y holística de la naturaleza, y por otro, comprender los constantes procesos de transformación del medio natural”* (Mineduc, 2012, p. 138).

Mientras que en el segundo ciclo se incorporan *“los saberes y formas de comprender la naturaleza que son propios de la Biología, la Física y la Química, las cuales estudian la relación de interdependencia y cambio permanente entre la materia y la vida presente en el entorno. También pone énfasis en que comprendan las leyes y teorías que mejor explican los fenómenos naturales. En esta etapa escolar, de formación general, se tratan los conocimientos que son relevantes para todas las alumnas y todos los alumnos, independientemente de sus opciones de egreso. Los aprendizajes que se espera lograr se orientan a una comprensión y apropiación de la realidad natural que es necesaria para toda persona para desenvolverse en el mundo real, actuar responsablemente y tomar decisiones”* (Mineduc, 2015, p. 128). A estos ejes temáticos además se incorporan las habilidades de pensamiento científico que deben desarrollar el estudiante independiente del eje temático que se esté enseñando y están establecidas dentro de las bases curriculares para cada nivel.

Los contenidos que deben trabajar los docentes con sus estudiantes en las aulas de enseñanza básica y media quedan definidos por las Bases Curriculares para enseñanza básica desde 1° básico a 6° básico, que fueron publicadas el año 2012 y las Bases Curriculares de 7° básico a 2° medio, publicadas el año 2015; pero quedan los dos últimos años de enseñanza media (3° y 4° medio) aún con la normativa anterior del Marco Curricular con la actualización realizada el año 2009. Del mismo modo los programas de

física electivo de 3° y 4° medio continúan con la normativa del Marco Curricular con la actualización realizada el año 2005.

En las actuales bases curriculares se definen los Objetivos de Aprendizaje (OA) y los Objetivos de Aprendizajes Transversales (OAT) que vienen a reemplazar a los contenidos mínimos obligatorios (CMO) y los objetivos fundamentales transversales (OFT) del Marco Curricular. Los OA definen los propósitos y los logros del proceso y establecen cuáles serán los desempeños de los estudiantes para verificar el logro del aprendizaje y los OAT se refieren al desarrollo personal y a la conducta moral y social de las y los estudiantes. Por ello tienen un carácter más amplio y general y su logro depende de la totalidad de los elementos que conforman la experiencia escolar, sin que estar asociados de manera específica a una asignatura en particular.

En la Tabla 1 presentamos los OA de las bases curriculares correspondientes al primer ciclo de escolaridad, mencionando solo los ejes que hacen referencia directa a la disciplina de Física, en este caso los ejes de “Ciencias Físicas y Químicas” y “Ciencias de la Tierra y del Universo” y mostrando solo los OA relacionados con la energía.

Tabla 1. OA de los ejes asociados a la energía en el primer ciclo de escolaridad

Nivel	Ejes	Objetivos de aprendizaje
1° Básico	Ciencias Físicas y Químicas	8.- Explorar y describir los diferentes tipos de materiales en diversos objetos, clasificándolos según sus propiedades (goma-flexible, plástico-impermeable) e identificando su uso en la vida cotidiana. 9.- Observar y describir los cambios que se producen en los materiales al aplicarles fuerza, luz, calor y agua.
	Ciencias de la Tierra y del Universo	11.- Describir y registrar el ciclo diario y las diferencias entre el día y la noche, a partir de la observación del Sol, la Luna, las estrellas y la luminosidad del cielo, entre otras, y sus efectos en los seres vivos y el ambiente. 12.- Describir y comunicar los cambios del ciclo de las estaciones y sus efectos en los seres vivos y el ambiente.
2° Básico	Ciencias Físicas y Químicas	9.- Observar y describir, por medio de la investigación experimental, algunas características del agua, como: escurrir, adaptarse a la forma del recipiente, disolver algunos sólidos, como el azúcar y la sal, ser transparente e inodora, evaporarse y congelarse con los cambios de temperatura. 11.- Describir el ciclo del agua en la naturaleza, reconociendo que el agua es un recurso preciado y proponiendo acciones cotidianas para su cuidado.
	Ciencias de la Tierra y del Universo	13.- Medir algunas características del tiempo atmosférico, construyendo y/o usando algunos instrumentos tecnológicos útiles para su localidad, como termómetro, pluviómetro o veleta. 14.- Describir la relación de los cambios del tiempo atmosférico con las estaciones del año y sus efectos sobre los seres vivos y el ambiente.

3° Básico	Ciencias Físicas y Químicas	<p>8.- Distinguir fuentes naturales y artificiales de luz, como el Sol, las ampolletas y el fuego, entre otras.</p> <p>10.- Investigar experimentalmente y explicar las características del sonido; por ejemplo: viaja en todas las direcciones, se absorbe o se refleja, se transmite por medio de distintos materiales, tiene tono e intensidad.</p>
4° Básico	Ciencias Físicas y Químicas	<p>10.- Comparar los tres estados de la materia (sólido, líquido y gaseoso) en relación con criterios como la capacidad de fluir y cambiar de forma y volumen, entre otros.</p> <p>11.- Medir la masa, el volumen y la temperatura de la materia (en estados sólido, líquido y gaseoso), utilizando instrumentos y unidades de medida apropiados.</p> <p>12.- Demostrar, por medio de la investigación experimental, los efectos de la aplicación de fuerzas sobre objetos, considerando cambios en la forma, la rapidez y la dirección del movimiento, entre otros.</p> <p>13.- Identificar, por medio de la investigación experimental, diferentes tipos de fuerzas y sus efectos en situaciones concretas: fuerza de roce (arrastrando objetos), peso (fuerza de gravedad), fuerza magnética (en imanes).</p> <p>14.- Diseñar y construir objetos tecnológicos que usen la fuerza, para resolver problemas cotidianos.</p>
	Ciencias de la Tierra y del Universo	<p>15.- Describir, por medio de modelos, que la Tierra tiene una estructura de capas (corteza, manto y núcleo) con características distintivas en cuanto a su composición, rigidez y temperatura.</p> <p>16.- Explicar los cambios de la superficie de la Tierra a partir de la interacción de sus capas y los movimientos de las placas tectónicas (sismos, tsunamis y erupciones volcánicas).</p>
5° Básico	Ciencias Físicas y Químicas	<p>8.- Reconocer los cambios que experimenta la energía eléctrica al pasar de una forma a otra (eléctrica a calórica, sonora, lumínica, etc.) e investigar los principales aportes de científicos en su estudio a lo largo del tiempo.</p> <p>9.- Construir un circuito eléctrico simple (cable, ampolleta, interruptor y pila), usarlo para resolver problemas cotidianos y explicar su funcionamiento.</p> <p>10.- Observar y distinguir, por medio de la investigación experimental, los materiales conductores (cobre y aluminio) y aisladores (plásticos y goma) de electricidad, relacionándolos con la manipulación segura de artefactos tecnológicos y circuitos eléctricos domiciliarios.</p> <p>11.- Explicar la importancia de la energía eléctrica en la vida cotidiana y proponer medidas para promover su ahorro y su uso responsable.</p>
	Ciencias de la Tierra y del Universo	<p>13.- Analizar y describir las características de los océanos y lagos: variación de temperatura, luminosidad y presión en relación con la profundidad; diversidad de flora y fauna; movimiento de las aguas, como olas, mareas, corrientes (El Niño y Humboldt)</p>

6° Básico	Ciencias Físicas y Químicas	<p>8.- Explicar que la energía es necesaria para que los objetos cambien y los seres vivos realicen sus procesos vitales, y que la mayoría de los recursos energéticos proviene directa o indirectamente del Sol, dando ejemplos de ello.</p> <p>9.- Investigar en forma experimental la transformación de la energía de una forma a otra, dando ejemplos y comunicando sus conclusiones.</p> <p>10.- Demostrar, por medio de la investigación experimental, que el calor fluye de un objeto caliente a uno frío hasta que ambos alcanzan la misma temperatura.</p> <p>11.- Clasificar los recursos naturales energéticos en no renovables y renovables y proponer medidas para el uso responsable de la energía.</p> <p>12.- Explicar, a partir de modelos, que la materia está formada por partículas en movimiento en sus estados sólido, líquido y gaseoso.</p> <p>13.- Demostrar, mediante la investigación experimental, los cambios de estado de la materia, como fusión, evaporación, ebullición, condensación, solidificación y sublimación.</p> <p>14.- Diferenciar entre calor y temperatura, considerando que el calor es una forma de energía y la temperatura es la medida de lo caliente de un objeto.</p> <p>15.- Medir e interpretar la información obtenida al calentar y enfriar el agua, considerando las transformaciones de un estado a otro.</p>
-----------	-----------------------------	---

Nota: Información obtenida de las Bases curriculares Mineduc (2012)

Observando en los ejes relacionados con la física nos podemos dar cuenta que a grandes rasgos que los aspectos relacionados con la energía están presentes en todos los niveles. Destacamos que desde niveles iniciales como 2° básico se comienzan a analizar fenómenos en los que está presente la energía por ejemplo, el ciclo del agua, el análisis del agua en distintos estados como la evaporación o congelación y cómo afectan a los seres vivos los cambios de temperaturas en las estaciones del año. En los niveles de 4° y 5° básico también predominan contenidos relacionados con la energía (en los OA 12, 13, 14 y 15 y en los OA 8 y 10 respectivamente) y en el nivel de 6° básico se intensifican estando presente en los OA 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15. Se declaran contenidos relacionados con las transformaciones de la energía, el calor como un tipo de energía, el uso responsable de las energías renovables y los cambios del estado de la materia, entre otros aspectos.

En la Tabla 2 presentamos los OA de las bases curriculares correspondientes al segundo ciclo de escolaridad, mencionando solo el eje que hacen referencia directa a la disciplina de Física, en este caso el eje temático de Física.

Tabla 2. OA del eje temático Física del segundo ciclo de escolaridad

Nivel	Ejes	Objetivos de aprendizaje
7° Básico	Física	<p>7.- Planificar y conducir una investigación experimental para proveer evidencias que expliquen los efectos de las fuerzas gravitacional, de roce y elástica, entre otras, en situaciones cotidianas.</p> <p>8.- Explorar y describir cualitativamente la presión, considerando sus efectos en: Sólidos, como en herramientas mecánicas. Líquidos, como en máquinas hidráulicas. Gases, como en la atmósfera.</p> <p>9.- Explicar, con el modelo de la tectónica de placas, los patrones de distribución de la actividad geológica (volcanes y sismos), los tipos de interacción entre las placas (convergente, divergente y transformante) y su importancia en la teoría de la deriva continental.</p> <p>10.- Explicar, sobre la base de evidencias y por medio de modelos, la actividad volcánica y sus consecuencias en la naturaleza y la sociedad.</p> <p>11.- Crear modelos que expliquen el ciclo de las rocas, la formación y modificación de las rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, en función de la temperatura, la presión y la erosión.</p> <p>12.- Demostrar, por medio de modelos, que comprenden que el clima en la Tierra, tanto local como global, es dinámico y se produce por la interacción de múltiples variables, como la presión, la temperatura y la humedad atmosférica, la circulación de la atmósfera y del agua, la posición geográfica, la rotación y la traslación de la Tierra.</p>
8° Básico	Física	<p>8.- Analizar las fuerzas eléctricas, considerando: Los tipos de electricidad. Los métodos de electrización (fricción, contacto e inducción). La planificación, conducción y evaluación de experimentos para evidenciar las interacciones eléctricas. La evaluación de los riesgos en la vida cotidiana y las posibles soluciones.</p> <p>9.- Investigar, explicar y evaluar las tecnologías que permiten la generación de energía eléctrica, como ocurre en pilas o baterías, en paneles fotovoltaicos y en generadores (eólicos, hidroeléctricos o nucleares, entre otros).</p> <p>10.- Analizar un circuito eléctrico domiciliario y comparar experimentalmente los circuitos eléctricos, en serie y en paralelo, en relación con la: Energía eléctrica. Diferencia de potencial. Intensidad de corriente. Potencia eléctrica. Resistencia eléctrica. Eficiencia energética.</p> <p>11.- Desarrollar modelos e investigaciones experimentales que expliquen el calor como un proceso de transferencia de energía térmica entre dos o más cuerpos que están a diferentes temperaturas, o entre una fuente térmica y un objeto, considerando: Las formas en que se propaga (conducción, convección y radiación). Los efectos que produce (cambio de temperatura, deformación y cambio de estado, entre otros). La cantidad de calor cedida y absorbida en un proceso térmico. Objetos tecnológicos que protegen de altas o bajas temperaturas a seres vivos y objetos. Su diferencia con la temperatura (a nivel de sus partículas). Mediciones de temperatura, usando termómetro y variadas escalas, como Celsius, Kelvin y Fahrenheit, entre otras.</p>
1° Medio	Física	<p>9.- Demostrar que comprenden, por medio de la creación de modelos y experimentos, que las ondas transmiten energía y que se pueden reflejar, refractar y absorber, explicando y considerando: Sus características (amplitud, frecuencia, longitud de onda y velocidad de propagación, entre otras). Los criterios para clasificarlas (mecánicas, electromagnéticas, transversales, longitudinales, superficiales).</p> <p>10.- Explicar fenómenos del sonido perceptibles por las personas, como el eco, la resonancia y el efecto Doppler, entre otros, utilizando el modelo ondulatorio y por medio de la experimentación, considerando sus: Características y cualidades (intensidad, tono, timbre y rapidez). Emisiones (en cuerdas vocales, en parlantes e instrumentos musicales).</p>

		<p>Consecuencias (contaminación y medio de comunicación). Aplicaciones tecnológicas (ecógrafo, sonar y estetoscopio, entretenimiento, entre otras).</p> <p>11.- Explicar fenómenos luminosos, como la reflexión, la refracción, la interferencia y el efecto Doppler, entre otros, por medio de la experimentación y el uso de modelos, considerando: Los modelos corpuscular y ondulatorio de la luz. Las características y la propagación de la luz (viaja en línea recta, formación de sombras y posee rapidez, entre otras). La formación de imágenes (espejos y lentes). La formación de colores (difracción, colores primarios y secundarios, filtros). Sus aplicaciones tecnológicas (lentes, telescopio, prismáticos y focos, entre otros).</p> <p>12.- Explorar y describir el funcionamiento del oído y del ojo humano, considerando: La recepción de ondas sonoras y luminosas. El espectro sonoro y de la luz visible. Sus capacidades, limitaciones y consecuencias sociales. La tecnología correctiva (lentes y audífonos).</p> <p>13.- Describir el origen y la propagación, por medio del modelo ondulatorio, de la energía liberada en un sismo, considerando: Los parámetros que las describen (epicentro, hipocentro, área de ruptura, magnitud e intensidad). Los tipos de ondas sísmicas (primarias, secundarias y superficiales). Su medición y registro (sismógrafo y escalas sísmicas). Sus consecuencias directas e indirectas en la superficie de la Tierra (como tsunamis) y en la sociedad. Su importancia en geología, por ejemplo, en el estudio de la estructura interna de la Tierra.</p> <p>14.- Crear modelos que expliquen los fenómenos astronómicos del sistema solar relacionados con: Los movimientos del sistema Tierra-luna y los fenómenos de luz y sombra, como las fases lunares y los eclipses. Los movimientos de la tierra respecto del sol y sus consecuencias, como las estaciones climáticas. La comparación de los distintos planetas con la Tierra en cuanto a su distancia al sol, su tamaño, su período orbital, su atmósfera y otros.</p> <p>15.- Describir y comparar diversas estructuras cósmicas, como meteoros, asteroides, cometas, satélites, planetas, estrellas, nebulosas, galaxias y cúmulo de galaxias, considerando: Sus tamaños y formas. Sus posiciones en el espacio. Temperatura, masa, color y magnitud, entre otros.</p> <p>16.- Investigar y explicar sobre la investigación astronómica en Chile y el resto del mundo, considerando aspectos como: El clima y las ventajas que ofrece nuestro país para la observación astronómica. La tecnología utilizada (telescopios, radiotelescopios y otros instrumentos astronómicos). La información que proporciona la luz y otras radiaciones emitidas por los astros. Los aportes de científicas chilenas y científicos chilenos.</p>
<p>2º Medio</p>	<p>Física</p>	<p>9.- Analizar, sobre la base de la experimentación, el movimiento rectilíneo uniforme y acelerado de un objeto respecto de un sistema de referencia espacio-temporal, considerando variables como la posición, la velocidad y la aceleración en situaciones cotidianas.</p> <p>10.- Explicar, por medio de investigaciones experimentales, los efectos que tiene una fuerza neta sobre un objeto, utilizando las leyes de Newton y el diagrama de cuerpo libre.</p> <p>11. Describir el movimiento de un objeto, usando la ley de conservación de la energía mecánica y los conceptos de trabajo y potencia mecánica.</p> <p>12. Analizar e interpretar datos de investigaciones sobre colisiones entre objetos, considerando: La cantidad de movimiento de un cuerpo en función del impulso que adquiere. La ley de conservación de cantidad de movimiento (momento lineal o momentum).</p> <p>13. Demostrar que comprenden que el conocimiento del Universo cambia y aumenta a partir de nuevas evidencias, usando modelos como el geocéntrico y el heliocéntrico, y teorías como la del Big-Bang, entre otros.</p> <p>14. Explicar cualitativamente por medio de las leyes de Kepler y la de gravitación universal de Newton: El origen de las mareas. La formación y dinámica de estructuras cósmicas naturales, como el sistema solar y sus</p>

		componentes, las estrellas y las galaxias. El movimiento de estructuras artificiales como sondas, satélites y naves espaciales.
--	--	---

Nota: Información obtenida de las Bases curriculares Mineduc (2015)

Observando en los ejes relacionados con la física nos podemos dar cuenta que a grandes rasgos los aspectos relacionados con la energía están presentes en todos los niveles. En el nivel de 7° básico la energía está muy presente en el análisis de fenómenos muy cotidianos como la tectónica de placas o el ciclo de las rocas (OA 9 y 11). En 8° básico se potencia el análisis de la generación de electricidad y las transferencias de energía a través de calor (OA 9, 10 y 11). En 1° medio se abarca el contenido de ondas en el contexto del sonido, luz y ondas sísmicas, que pueden ser analizados desde una mirada energética (OA 9, 10, 11, 12 y 13) y finalmente en segundo medio se propone un análisis de la mecánica a partir del concepto de trabajo y conservación de la energía (OA 11 y 12).

Para los niveles de 3° y 4° medio, como habíamos comentado, sigue vigente en marco curricular con la actualización del año 2009, con CMO y OFT. En la siguiente tabla presentamos los CMO asociados al subsector de Física.

Tabla 3. CMO del subsector “Física” de los niveles 3° y 4° medio del segundo ciclo de escolaridad

Nivel	Ejes	Objetivos de aprendizaje
3° Medio	Física	<p>Fuerza y movimiento</p> <p>5. Descripción cuantitativa del movimiento circular uniforme en términos de sus magnitudes características.</p> <p>6. Aplicación cuantitativa de la ley de conservación del momento angular para describir y explicar la rotación de los cuerpos rígidos en situaciones cotidianas.</p> <p>7. Aplicación elemental de la relación entre torque y rotación para explicar el giro de ruedas, la apertura y el cierre de puertas, entre otros.</p> <p>8. Identificación de las propiedades básicas de un fluido y aplicación de la ecuación fundamental de la hidrostática en el aire y en distintos líquidos.</p> <p>9. Aplicación de los principios de Arquímedes y Pascal para explicar fenómenos naturales y el funcionamiento de máquinas hidráulicas y la flotabilidad de barcos, submarinos y globos aerostáticos, entre otros.</p> <p>10. Aplicación cualitativa de la ley de Bernoulli para explicar fenómenos como el efecto estabilizador de los alerones en autos de carrera o el funcionamiento de los atomizadores, entre otros.</p> <p>Tierra y Universo</p> <p>11. Reconocimiento de los mecanismos físico-químicos que permiten explicar fenómenos que afectan la atmósfera, la litosfera y la hidrosfera (calentamiento global, reducción de la capa de ozono, aumento del nivel de los mares, etc.) y de la responsabilidad humana en el origen de dichos fenómenos.</p> <p>12. Reconocimiento de alternativas de uso eficiente de los recursos energéticos para atenuar sus consecuencias ambientales.</p>

4° Medio	Física	<p>Fuerza y movimiento</p> <p>6. Reconocimiento de semejanzas y diferencias entre la ley de Coulomb y la ley de gravitación universal de Newton: ámbitos de aplicabilidad, magnitudes relativas y analogías formales entre ambas leyes.</p> <p>7. Verificación experimental y representación gráfica de la ley de Ohm y aplicación elemental de la relación entre corriente, potencia y voltaje en el cálculo de consumo doméstico de energía eléctrica.</p> <p>8. Descripción de la corriente como un flujo de cargas eléctricas, distinguiendo entre corriente continua y alterna.</p> <p>9. Descripción de los componentes y funciones de la instalación eléctrica domiciliaria (conexión a tierra, fusibles, interruptores, enchufes, etc.) y distinción, en casos simples y de interés práctico, entre circuitos en serie y en paralelo.</p> <p>10. Identificación de la relación cualitativa entre corriente eléctrica y magnetismo.</p> <p>11. Reconocimiento de la fuerza magnética ejercida sobre un conductor que porta corriente: el motor eléctrico de corriente continua.</p> <p>12. Caracterización de los efectos del movimiento relativo entre una espira y un imán: el generador eléctrico y sus mecanismos de acción por métodos hidráulicos, térmicos, eólicos.</p> <p>13. Descripción elemental de las fuerzas nucleares y electromagnéticas que mantienen unidos los protones y neutrones en el núcleo atómico para explicar la estabilidad de la materia y otros fenómenos.</p> <p>Tierra y Universo</p> <p>14. Reconocimiento de fenómenos que sustentan las teorías acerca del origen y evolución del universo y que proporcionan evidencia de su expansión acelerada.</p> <p>15. Explicación cualitativa –desde el punto de vista de la física nuclear– de cómo a partir del hidrógeno presente en las estrellas se producen otros elementos y la energía que las hace brillar.</p>
----------	--------	--

Nota: Información obtenida del Marco Curricular actualizado, Mineduc (2009)

Observando los CMO de la física en los niveles de 3° y 4° medio nos podemos dar cuenta que a grandes rasgos los aspectos relacionados con la energía están presentes en ambos niveles. En el nivel de 3° medio la energía está muy presente en el análisis del movimiento circular, los fluidos y el uso de recursos energéticos eficientes (CMO 6, 10, 11 y 12) y en el nivel de 4° medio la energía está presente en el análisis de fenómenos electromagnéticos y de fisión nuclear en las estrellas (CMO 7, 12, 15).

Finalmente, para los niveles de 3° y 4° medio electivo, sigue vigente en marco curricular del año 2005, con CMO y OFT. En la tabla 4 presentamos los CMO asociados al subsector de Física electivo.

Tabla 4. CMO del subsector “Física” de los niveles 3º y 4º medio del segundo ciclo de escolaridad

Nivel	Ejes	Objetivos de aprendizaje
3º Medio	Física electivo	<p>1.-Estática</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Planteamiento y aplicación de las condiciones de equilibrio estático en términos de fuerzas y torques. 2. Definición de centro de gravedad. Su cálculo y determinación experimental. 3. Clasificación y análisis de los distintos tipos de equilibrio. 4. Resolución de problemas en situaciones diversas, en trabajo individual y grupal. <p>2.- Dinámica de rotación</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Caracterización del movimiento circular no uniforme. Definición y aplicación a situaciones de la vida diaria de la aceleración angular. Desarrollo de un ejemplo, como el péndulo. 2. Definición vectorial del momento angular. Eje de rotación, velocidad angular y momento de inercia. Definición vectorial de torque. Fuerza y brazo. 3. Conservación del momento angular en ausencia de torques externos. Demostraciones y análisis de algún ejemplo, como la estabilidad de la bicicleta. <p>3.- Gravitación y leyes de Kepler</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Descripción y cálculo de la trayectoria de proyectiles en la superficie de la Tierra. 2. Demostración de que la energía y el momento angular se conservan en el movimiento de objetos como planetas y cometas en el sistema solar. 3. Las leyes de Johannes Kepler y las circunstancias históricas de su descubrimiento. Clasificación de órbitas de planetas y cometas. 4. Ley de gravitación universal de Isaac Newton. Aplicaciones a situaciones como el cálculo de la masa de la Tierra, la órbita de satélites alrededor del planeta, etc. <p>4.- Mundo relativista</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Discusión de las nociones de tiempo y espacio según la física hasta fines del siglo XIX. Transformaciones de Galileo Galilei. Discusión del hecho experimental de la invarianza de la velocidad de la luz. 2. Los postulados de la relatividad especial. Derivación geométrica de la dilatación del tiempo. Presentación y discusión de otras consecuencias. 3. Aplicaciones de la relación entre masa y energía. El efecto Compton. 4. Discusión elemental de la existencia de antimateria en el Universo y de sus propiedades en contraste con la materia. 5. Nociones elementales acerca de la teoría de gravitación de Albert Einstein y su contexto histórico: anomalía en el perihelio de la órbita del planeta Mercurio. 6. Resolución de problemas variados, con énfasis en la adquisición de la habilidad de formularlos en términos de los principios de la física cuando esto no es obvio.
4º Medio	Física electivo	<p>1.- Gases Ideales</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Caracterización de un gas ideal como un modelo para describir un gas real: su ámbito de validez. Ecuación de estado del gas ideal: sus bases fenomenológicas y consecuencias. La hipótesis de Amadeo Avogadro. La escala termodinámica de temperaturas. 2. Interpretación molecular de los conceptos de presión y temperatura. Formulación del principio de equipartición de la energía: energía cinética media de una molécula en términos de la temperatura. Obtención de la ley de gases ideales.

		<p>3. Introducción del concepto de presión parcial de un gas en una mezcla. Aplicaciones, como el funcionamiento de los pulmones.</p> <p>2.- Leyes de la termodinámica</p> <p>1. Definición y discusión de la energía interna de un objeto. Efecto del trabajo y la temperatura sobre la energía interna. Equilibrio térmico y ley cero de la termodinámica.</p> <p>2. Presentación de la primera ley de la termodinámica. Discusión de su significado y la diversidad de ámbitos en que se aplica.</p> <p>3. Formulación de la segunda ley de la termodinámica bajo la forma “el calor no se transfiere espontáneamente de un cuerpo frío a uno a mayor temperatura”. Discusión de su significado a través de ejemplos relevantes para la vida diaria. Su importancia en biología y otros ámbitos.</p> <p>4. Definición de entropía como medida del grado de desorden en un sistema. Discusión del aumento de entropía en los procesos naturales. Concepto de degradación de la energía.</p> <p>5. Definición del concepto de caos. Discusión de ejemplos que ilustren diversos ámbitos de aplicación.</p> <p>3.- El mundo cuántico</p> <p>1. Dualidad onda-corpúsculo en la materia. Relaciones de Louis de Brooglie.</p> <p>2. Análisis del modelo de átomo de hidrógeno de Niels Bohr a la luz de las relaciones de Brooglie.</p> <p>3. La noción de función de onda y sus consecuencias sobre la descripción del átomo. Interpretaciones acerca de su significado.</p> <p>4. Ensayo acerca de un tema de termodinámica o física cuántica, por ejemplo, su origen histórico, su importancia para comprender los fenómenos, sus aplicaciones, etc. Uso de diversas fuentes de información como libros y revistas técnicas o de divulgación, enciclopedias, bases de datos, etc.</p>
--	--	--

Nota: Información obtenida del Marco Curricular, Mineduc (2005).

Observando los CMO de física electivo en los niveles de 3º y 4º destacamos la unidad de termodinámica en la que la es esencial el contenido de energía para interpretar los fenómenos asociados a cadenas energéticas, máquinas térmicas, ciclos y eficiencia en los procesos termodinámicos.

Por otra parte, en el subsector de ciencias, de las bases curriculares, se definen las grandes ideas de la ciencia (GI), en base a Harlen (2010), que son transversales a los tres ejes temáticos y se asocian a los procesos de transferencia de los aprendizajes de los estudiantes a nuevos problemas o situaciones. Las GI se dividen en tres áreas principales: Ciencias de la Vida, Ciencias Físicas y Químicas y Ciencias de la Tierra y el Universo, más un área transversal a las tres ciencias, de habilidades de pensamiento científico. En la siguiente tabla damos a conocer las grandes ideas de la ciencia asociadas al segundo ciclo de enseñanza.

Tabla 5. *Grandes Ideas de la ciencia*

Grandes Ideas de la Ciencia (GI)
GI.1 Los organismos tiene estructuras y realizan procesos para satisfacer sus necesidades y responder al medio ambiente.
GI.2 Los organismos necesitan energía y materiales de los cuales con frecuencia dependen y por los que interactúan con otros organismos en un ecosistema.
GI.3 La información genética se transmite de una generación de organismos a la siguiente.
GI.4 La evolución es la causa de la diversidad de los organismos vivientes y extintos.
GI.5 Todo material del Universo está compuesto de partículas muy pequeñas.
GI.6 La cantidad de energía del Universo permanece constante.
GI.7 El movimiento de un objeto depende de las interacciones en que participa.
GI.8 Tanto la composición de la Tierra como su atmósfera cambian a través del tiempo y tienen las condiciones necesarias para la vida.

Nota: Información obtenida de las las Bases curriculares, Mineduc (2015).

De estas GI las que se relacionan específicamente con el contenido de energía, que es nuestro eje de estudio, son: la GI.2 y GI.6.

1.1.2.1. Estándares orientadores para las carreras de pedagogías

En el apartado anterior conocimos parte de los elementos diarios y esenciales con lo que trabaja un docente en las aulas chilenas. Estos elementos fueron planteados por el Mineduc para guiar a los docentes en la planificación de sus clases, pero además con el fin de contribuir a la mejora de los procesos educativos, el Mineduc elaboró los Estándares Orientadores para las Carreras de Pedagogías en Educación Media para brindar apoyo a las instituciones encargadas de la formación inicial docente. La intención es que las instituciones tengan un parámetro de referencia para orientar las metas a alcanzar en la formación de docentes y diseñar oportunidades de aprendizaje que aseguren que al finalizar su formación cumplan con estas metas.

Estos estándares describen las competencias mínimas que debe tener un egresado de pedagogía respecto a las habilidades profesionales básicas y el conocimiento disciplinar de su asignatura.

Los estándares pedagógicos corresponden a áreas de competencias necesarias para el desarrollo adecuado del proceso de enseñanza, son independientes de la disciplina que se enseñe, y están relacionados con las labores propias de su rol en el aula como en el entorno educativo. Algunas de ellas son el conocimiento del currículo, diseño de procesos de enseñanza – aprendizaje y de evaluación, compromiso con su propia formación en un proceso continuo de aprendizaje y formación. Así como también el docente debe promover

un ambiente propicio para el aprendizaje y de convivencia en el aula, como también debe tener estrategias que ayuden a la formación personal y social de los estudiantes.

Por otra parte, los estándares disciplinarios para la enseñanza son aquellas competencias específicas para cada área, tanto en conocimientos como habilidades. Los egresados deben conocer aspectos del currículum específico, aspectos de cómo aprenden los estudiantes en cada área y tener la capacidad para diseñar, planificar, implementar, evaluar y reflexionar respecto a experiencias de aprendizaje.

Otros de los aspectos que mencionan los estándares orientadores son las habilidades básicas, inspiradas por el proyecto Tuning Europa-América Latina, que un docente debe construir durante su formación. Se espera el futuro docente esté preparado para enfrentar un entorno cambiante, tener la capacidad de trabajo colaborativo, autonomía, flexibilidad, innovación, disposición al cambio y proactividad. Al mismo tiempo se espera que tenga valores tales como la responsabilidad y perseverancia, y un comportamiento ético adecuado. Además, tiene que ser capaz de comunicarse por escrito y oralmente en forma eficaz en su lengua original y en una segunda lengua. Por otra parte, se espera que demuestre habilidades en el uso de tecnologías de la información y la comunicación, entre otros aspectos.

Dentro del documento oficial de los estándares orientadores se pueden encontrar los estándares específicos de cada disciplina. Para el caso concreto de los estándares de física se mencionan: el conocimiento científico y su aprendizaje; movimiento y fuerza; ondas: propiedades y fenómenos asociados; comportamiento de fluidos; modelos y principios termodinámicos; campos eléctricos y magnéticos; principios físicos a nivel atómico y subatómico; Tierra y Universo y habilidades de pensamiento científico. En la siguiente tabla detallamos el estándar relacionado con la energía.

Tabla 6. *Estándar disciplinar de física relacionado con la energía*

Modelos y principios termodinámicos
Estándar 6: Analiza y explica diversos fenómenos a partir de conceptos asociados a modelos y principios termodinámicos.
El futuro profesor o profesora entiende que la comprensión de conceptos y fenómenos termodinámicos permite analizar situaciones tan diversas como la forma en que se produce la cocción de los alimentos, el modo en que la Tierra recibe, acumula y produce energía térmica, algunas de las causas de los fenómenos climáticos, entre muchas otras. Por ello, conoce y aplica los principios de la termodinámica en el análisis de diversos fenómenos térmicos en los que se producen flujos de energía, utilizando tanto representaciones macroscópicas como modelos cinético-moleculares de la materia. Conoce y comprende la evolución del concepto de calor a lo largo del tiempo, y reconoce la importancia de dicha evolución en términos

escolares. Conoce y utiliza analogías, modelos, problemas y estrategias desafiantes que permitan construir y evidenciar aprendizajes, habilidades, contenidos y actitudes relacionadas con la termodinámica.

Lo que se manifiesta cuando:

6.1. Relaciona cuantitativa y cualitativamente la transferencia de energía con la variación de temperatura, cambio de fase y/o dilatación de una sustancia.

6.2. Diferencia los conceptos de calor, energía interna, energía térmica y temperatura, y caracteriza las diversas formas en que se transfiere energía térmica de un cuerpo a otro (convección, conducción, radiación).

6.3. Relaciona cualitativa y cuantitativamente, integrando nociones de estadística y probabilidad, la transferencia de energía con los cambios a nivel molecular, entre ellos los producidos en las fuerzas de ligazón y la rapidez promedio de las partículas de una sustancia.

6.4. Explica la evolución que ha tenido el concepto de calor desde la teoría del calórico hasta la definición actual, valorando los posibles aportes y limitaciones de cada modelo.

6.5. Aplica el teorema del trabajo y la energía a situaciones de transferencia de energía térmica.

6.6. Analiza las relaciones entre presión, volumen y temperatura a partir de las representaciones de un gas ideal y la teoría cinético-molecular de la materia, así como diversos ciclos de transferencia de energía térmica en un gas a través de las coordenadas: presión, volumen y temperatura.

6.7. Aplica el primer principio de la termodinámica en situaciones de física térmica (tales como en una transformación isotérmica o adiabática) o biológicas (como en los seres vivos), entre otras.

6.8. Interpreta el segundo principio de la termodinámica y lo utiliza para explicar el funcionamiento de diferentes máquinas térmicas y determinar su eficiencia; y analiza la variación de entropía como variable de estado de un sistema, para comprender y explicar su relación con la dirección de un proceso y la energía útil de éste.

6.9. Aplica los conceptos, leyes y principios de la termodinámica para comprender algunos fenómenos climáticos, como el efecto invernadero y el calentamiento global como procesos de intercambio de energía.

6.10. Conoce y analiza diversas matrices energéticas, y discute acerca del problema energético, la eficiencia energética, y los problemas medioambientales asociados.

Nota: Información obtenida de los estándares orientadores de las carreras de pedagogía, Mineduc (2012).

Hemos realizado esta breve contextualización del currículum chileno mostrando los OF de las bases curriculares de primer y segundo ciclo y los CMO del marco curricular del 2009 y 2005 para los niveles de 3° y 4° Medio plan común y electivo correspondientemente. También hemos presentado un extracto de los estándares orientadores que propone el Mineduc para focalizar las habilidades profesionales básicas y los aspectos disciplinares que se espera que cumplan los egresados de las carreras de pedagogía. Esto con la intención de situar cuál será el panorama al que se enfrentaran los futuros docentes de física y matemática que son parte de nuestro estudio y como antecedente respecto a las decisiones pedagógicas que iremos mencionando a lo largo de este estudio.

De los aspectos mencionados nos llama la atención el constante uso del contenido transformación o tipos de energía asociados a la famosa afirmación “*la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma*” a lo largo de los OF de los diferentes niveles de primer y segundo ciclo. Esta afirmación parece ser científica y muy profunda, además de ser utilizada muy a menudo en el aula de ciencias. Desafortunadamente, resulta poco útil para explicar algunos fenómenos que nos rodean como por ejemplo, por qué el mundo se está quedando sin recursos energéticos, por qué es saludable desayunar bien para poder hacer actividad durante el día, o por qué unas veces la batería del móvil se descarga más rápido que otras (Soto, Couso, & López, 2019).

También se observan algunas contradicciones conceptuales como la descripción de calor del OF 14 del nivel de 6º básico “Diferenciar entre calor y temperatura, considerando que el calor es una forma de energía y la temperatura es la medida de lo caliente de un objeto” con el OF 11 de 8º básico “que expliquen el calor como un proceso de transferencia de energía térmica entre dos o más cuerpos que están a diferentes temperaturas, o entre una fuente térmica y un objeto”, donde se observa que no hay una definición unificada de los conceptos científicos y los cuales además no son coherentes con aspectos del modelo energético que presentaremos en el capítulo 2 (Marco teórico).

Por otra parte, se observa que en general los OF y CMO están más enfocados a las transferencias de energía a través de calor y que a las transferencias de energía a través de trabajo y cuando estas últimas se mencionan como en el estándar 6.5 de termodinámica, “aplica el teorema del trabajo y la energía a situaciones de transferencia de energía térmica”, no se realiza pensando en la utilidad de este tipo de transferencias a lo largo de las cadenas energéticas y se potencia en términos calentamientos que no pueden ser utilizables para nuevos cambios.

Otro aspecto muy contradictorio es que el contenido de termodinámica solo figure a grandes rasgos en el nivel de 8º básico y en detalle en los CMO de 4º medio electivo (curso escogido solo por los estudiantes interesados) y que sea uno de los estándares fundamentales que todo profesor de física debe manejar.

Finalmente, a pesar de que la conservación de la energía es una de las grandes ideas de la ciencia mencionada en las bases curriculares, dentro de los OF y dentro de los estándares relacionados con termodinámica no es mencionada, solo hace una leve referencia a la conservación de la energía mecánica en el nivel de 2º Medio.

No es una finalidad de esta investigación criticar ni modificar las bases curriculares o el marco curricular de enseñanza básica y media de Chile, sin embargo, tener estos antecedentes nos permite enfocar algunos de estos aspectos en nuestros diseños didácticos y contribuir a las mejoras desde la formación de profesores. Intentando que ellos sean conscientes de las múltiples definiciones asociadas a la energía y sus conceptos relacionados y que de esta forma adquieran la capacidad de decidir cómo utilizarlos posteriormente en su ejercicio docente.

1.1.3. Modelización en la formación inicial docente

Los enfoques de enseñanza de la energía más comunes presentes en textos de estudios o materiales didácticos se basan en ideas como “la energía ni se crea ni se destruye, solo se transforma”, o bien “existen muchos tipos de energía: cinética, eléctrica, lumínica, química, calorífica, etc., y cada una tiene su fórmula”. Lo concreto es que estos enfoques han resultado ineficaces a la hora de ayudar a los estudiantes a construir un modelo adecuado de energía, ya que no permiten explicar los fenómenos ni mucho menos predecir o actuar en ellos (Soto et al., 2017). Como es evidente, al hablar de modelo escolar de energía es necesario reflexionar brevemente sobre modelos y modelización.

Desde nuestra perspectiva, fuertemente influenciada por la perspectiva de la Actividad Científica Escolar (desde ahora ACE), concebimos los modelos científicos escolares (los modelos que nos interesan en la escuela y desde ahora MCE) como versiones escolares adecuadas (convenientemente reconstruidas o transpuestas) de los modelos científicos (consensuados por la comunidad científica), que son de naturaleza teórica y conceptual, y que tienen la capacidad de permitir a los estudiantes describir, explicar, predecir e intervenir en una gran cantidad de fenómenos del mundo desde una determinada “forma de mirar” (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003; Hernández, Couso, & Pintó, 2015).

El MCE de energía que nos interesa construir con los profesores en formación en física y matemática chilenos, es para nosotros un modelo científico escolar clave, de naturaleza teórica, que sirve para describir, predecir, explicar e intervenir en el mundo desde la mirada energética, de forma coherente con el conocimiento científico erudito, pero desde una aproximación escolar (Soto et al., 2017).

El proceso de construcción de modelos es lo que se denomina modelización (Garrido, 2016; Hernández, Couso, & Pintó, 2015; Justi, 2006; Schwarz & Gwekwerere, 2007; Windschitl, Thompson, & Braaten, 2008). Este proceso forma parte del marco de las

prácticas científicas (Crujeiras & Jiménez-Aleixandre, 2012; Osborne, 2014), equivalentes (pero no idénticas) a las de la ciencia (Izquierdo, Espinet, García, Pujol, & Sanmartí, 1999). La participación en estas prácticas, además de contribuir en la construcción de modelos clave, permite a los estudiantes aprender acerca de las ciencias y su naturaleza, a través de actividades que se asemejan al quehacer científico real. Con ello, se posibilita vivenciar y reflexionar sobre la ciencia como una forma de conocer y como un cuerpo de conocimientos (NRC, 2012).

La propuesta de modelización que nos interesa potenciar en formación inicial docente considera la construcción de modelos cada vez más sofisticados como una actividad esencial (Couso, 2015). Esta construcción paulatina requiere la participación de los estudiantes en las prácticas de expresión explícita de sus modelos mentales, uso de sus modelos para predecir o explicar fenómenos, evaluación de sus modelos en base a las pruebas disponibles y revisión de sus modelos en base a nuevas ideas (Couso & Garrido, 2017; Garrido 2016), entendiéndose como un proceso, tanto personal como social, de *“ir dando sentido a las ideas en desarrollo”* (Schwarz et al. 2009, p.637).

Windschitl et al. (2018) señalan lo escasa que es la incorporación de los modelos y la modelización en la escuela y por este motivo estamos de acuerdo con Garrido (2016) en la necesidad de incorporar estos aspectos en la formación inicial de docentes.

Desde nuestra perspectiva, es fundamental que los futuros docentes puedan participar en actividades de modelización para promover la construcción de modelos clave que les puedan servir como buenos ejemplos para trabajar en el aula de ciencias (Garrido, 2016), como también que experimenten en primera persona los detalles y características de una metodología didáctica adecuada, requisito imprescindible para que sean capaces de aplicarla en un futuro a sus clases (Wilson & Berne, 1999; Martínez-Chico, 2013)

1.2. Objetivos y preguntas de investigación

A partir del planteamiento del problema nos formulamos las siguientes preguntas de investigación:

En relación con la evolución de los modelos globales de energía de los futuros profesores de física y matemática:

1.- ¿Cómo evolucionan los modelos globales de energía de los futuros profesores de física y matemática hacia el MCE de energía que se espera construir con la implementación de una SEA centrada en la modelización?

En relación los niveles de dominio de las ideas del MCE en un momento inicial, final y declaradas de cada uno de los futuros profesores de física y matemática:

2.1.-¿Qué niveles de dominio de las ideas del MCE de energía predominan al iniciar la implementación de una SEA centrada en la modelización en los futuros profesores de física y matemática?

2.2.-¿Qué niveles de dominio de las ideas del MCE de energía predominan al finalizar la implementación de una SEA centrada en la modelización en los futuros profesores de física y matemática?

2.3.-¿Qué evolución se ha producido entre los niveles de dominio de las ideas del MCE de energía al inicio y los niveles de dominio de las ideas del MCE de energía de los futuros profesores de física y matemática al finalizar la implementación de una SEA?

2.4.-¿Qué ideas importantes a enseñar declaran los futuros profesores de física y matemática antes y después de la implementación de la SEA?

2.5.-¿Qué nivel de dominio de las ideas importantes a enseñar en relación con la energía declaran los futuros de física y matemática al finalizar la SEA (nivel de dominio del MCE declarado)?

2.6.- ¿Qué relación existe entre los niveles de dominio de las ideas del MCE de energía finales y los niveles de dominio del MCE declarado de los futuros profesores de física y matemática?

En relación con los aspectos del diseño de la SEA que contribuyen a la evolución del modelo de energía de los futuros profesores:

3.- ¿Qué actividades o aspectos del diseño de la SEA contribuyen en mayor medida en la evolución global del modelo de energía de los futuros profesores de física y matemática?

3.1.- ¿Qué aspectos declaran los futuros profesores de física y matemática que fueron relevantes para aprender durante la implementación?

3.2.- ¿Qué relación existe entre las actividades o aspectos del diseño de la SEA que contribuyen en mayor medida en la evolución del modelo global de energía de los futuros profesores de física y matemática y los aspectos que ellos declaran que fueron relevantes para aprender durante la implementación?

Para dar respuesta a estas preguntas nos planteamos los siguientes objetivos.

En relación con la evolución de los modelos globales de energía de los futuros profesores de física y matemática:

OBJETIVO 1: Analizar la evolución de los modelos globales de energía de los futuros profesores de física y matemática hacia el MCE que se espera construir con la implementación de una SEA centrada en la modelización.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Construir estadios que representen el nivel de conceptualización de los futuros profesores de física y matemática respecto al MCE de energía que pretendemos que construyan.
- Representar gráficamente la evolución de los modelos iniciales de energía de los futuros profesores de física y matemática hacia el MCE que se espera construir con la implementación de una SEA modelizadora.

En relación los niveles de dominio de las ideas del MCE en un momento inicial, final y declaradas de cada uno de los futuros profesores de física y matemática:

OBJETIVO 2.1: Definir los niveles de dominio de las ideas del MCE de energía que predominan al iniciar la implementación de una SEA centrada en la modelización en los futuros profesores de física y matemática.

OBJETIVO 2.2: Definir los niveles de dominio de las ideas del MCE de energía que predominan al finalizar la implementación de una SEA centrada en la modelización en los futuros profesores de física y matemática.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LOS OBJETIVOS 2.1 Y 2.2:

- Seleccionar un momento inicial y final dentro de la SEA para cada una de las ideas del MCE de energía.
- Identificar los modelos iniciales y finales de cada futuro profesor de física y matemática respecto a cada idea del MCE de energía.
- Representar gráficamente los grados de sofisticación y coherencia de las ideas del MCE de energía de cada futuro profesor de física y matemática.
- Representar gráficamente el tipo de modelo de energía (aspectos del MCE que menciona) que se infiere de las producciones de cada futuro profesor de física y matemática.
- Clasificar a los futuros profesores de física y matemática en base a niveles de dominio similares al inicio y al finalizar la implementación.

OBJETIVO 2.3: Analizar qué evolución existe entre los niveles de dominio de las ideas del MCE de energía al inicio y los niveles de dominio de las ideas del MCE de energía de los futuros profesores de física y matemática al finalizar la implementación de una SEA.

OBJETIVO ESPECÍFICO:

- Comparar los niveles de dominio de las ideas del MCE de energía iniciales con los niveles de dominio de las ideas del MCE de energía finales de los futuros profesores de física y matemática.

OBJETIVO 2.4: Identificar qué ideas declaran importantes a enseñar los futuros profesores antes y después de la implementación de la SEA.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Representar en gráficas de frecuencia las ideas relacionadas con el MCE de energía u otros aspectos declarados.
- Comparar las ideas del modelo de energía de los futuros profesores de física y matemática declaradas antes y después de la implementación de la SEA.

OBJETIVO 2.5: Definir los niveles de dominio del MCE de energía declarado por los futuros profesores de física y matemática.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar a partir de las declaraciones de los futuros profesores de física y matemática qué ideas consideran importantes a enseñar en relación con la energía.
- Representar gráficamente los grados de sofisticación y coherencia de las ideas del MCE de energía declarado de cada futuro profesor de física y matemática.
- Representar gráficamente el tipo de modelo de energía (aspectos del MCE que menciona) que se infiere de las declaraciones de cada futuro profesor de física y matemática.
- Clasificar a los futuros profesores de física y matemática en base a niveles de dominio del MCE declarado similares.

OBJETIVO 2.6: Analizar qué relación existe entre los niveles de dominio de las ideas del MCE de energía finales y los niveles de dominio del MCE de energía declarado por los futuros profesores de física y matemática.

OBJETIVO ESPECÍFICO:

- Comparar los niveles de dominio de las ideas del MCE de energía finales con los niveles de dominio del MCE declarado por los futuros profesores de física y matemática.

En relación con los aspectos del diseño de la SEA que contribuyen a la evolución del modelo de energía de los futuros profesores:

OBJETIVO 3: Identificar qué actividades o aspectos del diseño de la SEA contribuyen en mayor medida en la evolución del modelo global de energía de los futuros profesores de física y matemática

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Analizar cada una de las transiciones de un momento a otro asociadas a la evolución global del modelo de energía de los estudiantes.
- Identificar el porcentaje de estudiantes que ascienden a estadios del MCE más sofisticados, el porcentaje de estudiantes que se mantiene en un mismo estadio del MCE y el porcentaje de estudiantes que retrocede a estadios del MCE menos

sofisticados, en cada transición de la evolución global del modelo de energía de los estudiantes.

- Identificar las actividades o aspectos del diseño asociados a las transiciones con más porcentaje de estudiantes que ascienden a estadios más sofisticados del MCE.

OBJETIVO 3.1: Identificar que aspectos declaran los futuros profesores de física y matemática que fueron relevantes para aprender durante la implementación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Clasificar a los futuros profesores de física y matemática en base a declaraciones similares.
- Representar a través de gráficos y redes sistémicas las declaraciones que realizan los futuros profesores de física y matemática.

OBJETIVO 3.2: Analizar que relación existe entre las actividades o aspectos del diseño de la SEA que contribuyen en mayor medida a la evolución del modelo de energía de los futuros profesores de física y matemática y los aspectos que ellos declaran que fueron relevantes para aprender durante la implementación.

OBJETIVO ESPECÍFICO:

- Comparar las actividades que los futuros profesores de física y matemática declaran que los hicieron aprender con las actividades de la SEA asociadas a una mayor evolución de los modelos energéticos de los futuros profesores.

CAPÍTULO 2.

MARCO TEÓRICO

Introducción al Marco Teórico

La visión energética del mundo configura uno de los modelos de mayor centralidad y relevancia tanto para las ciencias experimentales, los currículum de ciencias escolares, como para las ingenierías y otras disciplinas. Entre las razones se encuentran su carácter integrador, su impacto económico, social y ambiental (Mendoza & Abelenda, 2010) y su presencia en nuestra vida diaria desde fenómenos tan cotidianos como nuestra alimentación o realizar actividad física hasta el funcionamiento de nuestros dispositivos tecnológicos como el celular. Ser conscientes de esta visión y potenciarla con nuestros estudiantes puede contribuir a que estos desarrollen la capacidad para comprender su entorno, para configurar una opinión crítica sobre las cosas que suceden en él y para tomar decisiones razonadas y fundamentadas. Más aún ante la presencia de temas habituales en los noticiarios, publicidad (Blanco, 2004) o internet como la conocida "crisis energética" o las medidas a considerar en nuestros hogares para contribuir al "ahorro energético". Para comenzar a construir esta visión energética del mundo es necesario establecer cuáles son las ideas claves que configuran el MCE de energía que deberíamos potenciar desde la formación inicial de docentes para que estas lleguen a la formación de estudiantes en las escuelas.

La construcción de un modelo tan complejo como el de energía no es algo trivial, por este motivo se sugiere que se realice a través del proceso de modelización, considerando que se necesitan estrategias didácticas efectivas donde la ACE crucial sea el desarrollo de explicaciones basadas en pruebas para que los estudiantes puedan interpretar cómo funciona el mundo (Giere, 1991). Cobrando importancia la cognición de los estudiantes (el razonamiento) en la actividad científica y la construcción de explicaciones para dar significado a los fenómenos (Couso, 2014).

Consideramos esencial que los futuros docentes tengan la posibilidad de ser partícipes de prácticas científicas como la modelización para ir construyendo sus propias versiones del MCE de energía a través de una SEA. Asimismo para aprender acerca de las ciencias y su naturaleza, y poder experimentar con la ACE que tendrán que utilizar en su próximo quehacer docente. Así podrán reconocer la manera en la que están aprendiendo, lo que contribuirá en la formación de diversas estrategias pedagógicas y les dará herramientas para abordar los diferentes problemas de la práctica en la que se enfrentarán.

Además de este reto pedagógico, nos interesa que los futuros profesores evidencien una evolución de sus MCE de energía para identificar la influencia de la SEA en sus aprendizajes.

Todos estos aspectos descritos brevemente, serán discutidos en detalles en los siguientes apartados del marco teórico, utilizando referencias de la literatura existente en el campo de la didáctica de las ciencias, con el objetivo de dar una fundamentación teórica a la investigación que desarrollamos en esta tesis.

2.1. Modelo Científico escolar de energía

Construir un MCE de energía es un reto difícil, ya que las ideas alternativas de los estudiantes, el lenguaje cotidiano y la propia abstracción del concepto hacen que enseñar energía sea una ardua tarea para el profesorado. Más que memorizar definiciones, aprender sobre energía debería consistir en construir una mirada muy específica a los fenómenos del mundo (de Pro 2015), para comprender y actuar mejor ante los importantes retos sociales relacionados con la energía que tiene nuestra sociedad (Solbes & Tarín 2004).

Sin embargo, dada la complejidad y la dificultad intrínseca de los conceptos que configuran la visión energética del mundo no existe una única manera de presentar estos conceptos que no acarree algunas contradicciones. La selección de los contenidos a enseñar puede parecer para algunos muy superficial o bien muy denso, lleno de ambigüedades o alejado de la cotidianidad de los estudiantes. Incluso la investigación educativa también ha señalado que no existe un enfoque óptimo, sino que cada aproximación conlleva sus riesgos y limitaciones para el aprendizaje de nuestros estudiantes. A pesar de ello, creemos que hay que buscar la manera de hablar de energía con nuestros estudiantes que sea lo más coherente con la ciencia y a la vez útil para ellos, cuidando que no obstaculice la comprensión de otros conceptos. Por estos motivos, consideramos que las ideas claves que exponemos a continuación constan de todas las herramientas necesarias para construir esta visión energética del mundo y surgen producto de años de investigación en el campo, inspirándonos en las investigaciones de autores como: Duit (1981, 1984); Ogborn (1986); Solomon (1986); Solbes & Tarín (1998); Doménech, Gras-Martí, Guisasola, Martínez-Torregrosa, Salinas, Trumper & Valdés (2003); Millar (2005); Pintó (1991); Pintó et al. (2005); López & Pintó (2012); Doménech et al. (2013); Neumann et al. (2013), entre otros.

Comenzaremos señalando que la energía no tiene una definición única ni consensuada en el campo de la didáctica de las ciencias ni en el mundo científico y se han realizado múltiples propuestas de cómo definirla y abordarla con nuestros estudiantes. Algunos autores como Warren (1982) consideran que es esencial realizar una definición operativa del concepto, mientras que otros como Duit (1981) proponen dar una definición descriptiva que poco a poco se vaya completando.

Desde el mundo científico, físicos como Feynman, a partir de las múltiples complejidades asociadas al concepto de energía, evidenciadas por su alto grado de abstracción, consideran que no hay necesidad de transmitir una definición formal ni tan rigurosa del concepto en las aulas de ciencias, considerando como el mismo lo cita *"es importante darse cuenta de que en la física actual no sabemos lo que es la energía. No tenemos un modelo de energía formado por pequeñas gotas de un tamaño definida. No es así. Sin embargo, hay fórmulas para calcular cierta cantidad numérica y cuando las sumamos todos siempre encontramos el mismo número"*. (Feynman, 1987 citado en Doménech et al., 2003).

Pintó (1991) en su Tesis Doctoral identifica al menos tres enfoques para definir y abordar la energía en los que se evidencian algunas contradicciones importantes de señalar antes de proceder a nuestro MCE de energía:

1.- La energía como una especie de sustancia cuasi-material:

En este enfoque, los autores proponen una definición de energía asociada a algo cuasi material almacenado en los cuerpos y que incluso puede gastarse o recargarse (Méndez & Abelenda, 2010). A partir de esta línea comienza a surgir el enfoque de la energía como una especie de combustible que es necesario para producir transformaciones en los sistemas (Doménech et al., 2013; Pérez-Landazábal et al., 1995). En opinión de Duit (1987), el hecho de que dicha concepción sea cercana a lo cotidiano, puede facilitar el aprendizaje de los estudiantes. Sin embargo, como el mismo lo señala, dicha definición puede obstaculizar el aprendizaje de la energía, considerando que no podemos pensar en la energía como una especie de "ingrediente" de los cuerpos (citado en Doménech et al. (2013)).

2.- La energía como la capacidad de realizar un trabajo:

Este enfoque liderado por Warren (1982), propone enfatizar la capacidad de la energía para llevar a cabo tareas, muy ligado con la idea de energía que proviene del lenguaje cotidiano (Ferrer, 2016). Pero, esta es una idea que conduce a graves errores conceptuales

y es curiosamente una de las ideas que más prevalece en los textos de física y en las aulas de ciencia (Doménech, 2000). Esta definición presenta varias falencias, por ejemplo, cuando un objeto cae desde cierta altura a pesar de que la energía inicial cuando ha llegado al suelo se conserve no tiene la capacidad de hacer un trabajo. En los casos de fricción se libera energía al entorno a través de calor y esta energía liberada no es tan grande como para tener la capacidad de hacer un trabajo. La capacidad para realizar trabajo depende de la distribución de la energía, en ese sentido, es imposible obtener un trabajo a partir de una distribución de energía interna con temperaturas uniformes. Además, para calentar algo necesitamos energía y esta definición excluye al concepto de calor (Pintó, 1991).

3.- La energía como la capacidad de producir cambios:

En este enfoque se intenta destacar la potencialidad de la energía para producir cambios en los cuerpos o sistemas, idea que resulta ser bastante intuitiva pero, que entra en contradicción con el Segundo Principio de la Termodinámica (Ferrer, 2016). Autores como Millar (2005) o Resnick, Halliday y Krane, (1993) consideran que no es correcto referirse a la energía como la causa de que las cosas pasen sino que es la entropía la causante de que los fenómenos ocurran. Tal como nos señalan López & Pintó (2012) la causa de los cambios espontáneos que se producen en la naturaleza (ya sea la caída de un objeto, el enfriamiento de una taza de té, etc.) son las mismas diferencias que hay (la diferencia de altura, la diferencia de temperatura, etc.). En forma espontánea la naturaleza tiende a minimizar las diferencias y los sistemas tienden a evolucionar hacia estados físicos en que la posibilidad de cambio es inferior, quedando la energía más degradada. La idea es que nuestros estudiantes puedan darse cuenta de la importancia de ir aprovechando esta tendencia natural para ir generando nuevos cambios que puedan ser útiles en nuestra vida diaria.

A partir de esta breve síntesis, en la que presentamos distintas miradas y formas de abordar la enseñanza de la energía a partir de su definición, procedemos a presentar el MCE de energía que potenciamos a través de esta investigación. Este MCE se inspira en las propuestas de Ogborn (1986), Pintó, Couso & Gutiérrez (2005) y López & Pintó (2012) y está compuesto por cuatro ideas principales: la energía asociada al estado o configuración de un sistema (desde ahora la mencionaremos como idea de naturaleza de la energía); la transferencia de la energía a través de los mecanismos de trabajo y calor; la degradación de la energía y finalmente su conservación.

IDEA 1. La energía está asociada a la configuración de un sistema, a su estado. Cuando varía el estado de un sistema varía la energía que le asociamos.

La energía no reside en los cuerpos, sino que se asocia a un sistema. Es un ente abstracto, una propiedad que asociamos a un cuerpo o sistema en función de cómo está en cada momento. Asociamos más energía a un resorte que está comprimido que a uno en su estado natural, o a una taza de agua caliente que a una que está fría. De este modo, podemos concebir los términos cotidianos como “ganar” o “perder” energía con los cambios en el estado de un cuerpo o sistema (cambios de posición, velocidad, temperatura, compresión, entre otros). Cuando cambia el estado de un sistema cambia también la energía que le asociamos. Es decir, por ejemplo, asociamos inicialmente una mayor cantidad de energía a una taza de café a elevada temperatura que a esta misma taza de café al cabo de un tiempo cuando se encuentre a menor temperatura. Sin embargo, la energía no es ni está en el café caliente ni en el frío, no es algo intrínseco dentro de él, sino que está asociado a cómo está, a su temperatura, pero también altura, compresión, velocidad, etc, su las tuviera en cada momento.

Para definir el estado de un sistema podemos utilizar infinitas variables. Por lo tanto, más importante que hablar del estado de los cuerpos o los sistemas a los que asociamos energía es hablar de las variaciones que se producen en el estado de estos cuerpos o sistemas, porque cuando varían, solo algunas de las variables del sistema lo hacen y esto permite focalizar para fijarnos en la energía asociada a esta parte. Es importante que nuestros estudiantes reflexionen respecto a cómo estaba cada cuerpo o sistema antes y después y qué cambios se han producido, para ser conscientes que aquellos cálculos de energía que habitualmente realizan en clases de ciencia corresponden a aumentos o disminuciones de energía al comparar su estado antes y después de un cambio (Doménech et al., 2003; López & Pintó, 2012).

Para reflexionar en torno a esta cuestión podemos pensar en el ejemplo que propone Mans (2001) en el que propone una interesante analogía: intentar establecer la energía de un sistema en términos absolutos equivaldría a intentar medir de forma absoluta el dinero que tiene una persona. Nunca podremos establecer esta cifra de forma absoluta, todo va a depender de los aspectos que queramos convertir en dinero. Podemos medir su efectivo en la billetera, sus ahorros en un banco, el valor de su piso o la herencia que le llegará de un tío-abuelo lejano ... o incluso podríamos poner precio a la venta de sus órganos “como un riñón”. Por lo tanto, el valor de la energía está asociado a un cambio que podamos

medir, a un cambio entre un estado inicial a un estado final, por ejemplo, del dinero que tenía en la billetera cuánto me queda luego de comprar un par de productos.

Otro aspecto que podemos potenciar en el aula es el del aprovechamiento que podemos obtener a partir de los cambios en los estados de los sistemas. En algunas ocasiones los estudiantes podrían considerar que si un cuerpo o sistema tiene asociada una “mayor energía” que otro, ese estado del sistema podría tener mayores posibilidades de aprovechamiento que el otro, sin pensar que es esencial identificar si ese estado puede ser aprovechado con un determinado dispositivo físico. A modo de ejemplo, pensemos en que tenemos la necesidad de hacer girar una turbina. Podríamos pensar en realizarlo dejando caer agua a cierta altura, donde que el agua que dejamos caer está caliente o fría es independiente del cambio que va a producir, pues la variable que está interviniendo es la diferencia de altura. La temperatura en este dispositivo no se aprovecha.

Autores como García-Carmona & Criado (2013) consideran que la idea de energía como propiedad asociada al estado de un sistema es una idea abstracta y que puede generar obstáculos en la comprensión de los procesos energéticos si es trabajada en niveles iniciales y proponen que sea introducida progresivamente partiendo desde la energía como combustible. Coincidimos en la complejidad de esta idea, así como la necesidad de su construcción progresiva. Sin embargo, consideramos que al comenzar a trabajar el concepto de energía en base a la observación e interpretación de las variables que cambian en un proceso (es decir, enseñarles a mirar como está un sistema antes y después) sirve para construir esta idea abstracta de manera concreta y asequible para el alumnado desde los primeros años. Reducir la idea de energía solo a la de combustible (aunque sea el punto de partida en los primeros niveles de escolaridad), puede provocar que los estudiantes piensen en la energía en términos de sustancia y/o cantidad, así como considerar la energía como un agente causal de los cambios (Soto et al., 2019).

IDEA 2. Todo cambio en el estado de un sistema / parte de sistema que conlleva un aumento de la energía lleva asociado otro cambio en el estado de otro sistema / parte del sistema en el que disminuye la energía (y viceversa), a lo que le llamamos transferencia de energía. Si la interacción es debida a la diferencia de temperatura entre cuerpos decimos que la energía se transfiere por calor, y si es debida a fuerzas que generan desplazamientos o deformaciones, decimos que se transfiere por trabajo.

A pesar de que la energía no sea una sustancia cuasi-material, pensar en ella como algo que se “transfiere” en los cambios permite seguir las cadenas de cambios sin entrar en los complejos mecanismos que los producen (Millar 2005). Pero, para no generar confusiones es necesario matizar que hablamos de transferencia para relacionar los cambios en dos sistemas en interacción donde uno de los cuales “gana” y otro “pierde” como una forma de expresar la idea de que hay algo que pasa de un sitio a otro. Dar importancia a la idea de cambios en los estados, y a la transferencia de energía como aquello asociado a estos cambios es una propuesta educativa aclamada por diversos autores como una solución para la enseñanza y aprendizaje de la energía (Papadouris, Constantinou & Kyratsi, 2008).

Esta perspectiva ayuda a identificar cuáles son los sistemas que experimentan cambios, cuánta energía se ha transferido a cada uno de los sistemas que intervienen en un cambio y cómo los cambios en un sistema conllevan cambios en otros. En otras palabras, a través de la idea de transferencia podemos seguir la pista a múltiples procesos entrelazados que forman parte de una cadena energética y comprender la relación entre energía total transferida y energía útil para transferir a nuevos sistemas.

Pensar en términos de transferencias de energía puede ser útil para superar la idea de “muchos tipos de energía” y sus “transformaciones” que aportan muy poco a la comprensión de los fenómenos energéticos del mundo. El uso excesivo de tipos de energías puede llevarnos a una adjetivación masiva del término, provocando la confusión de los tipos de energías con procesos físicos o tecnológicos a los que hay asociamos una energía en un momento determinado (Ferrer, 2016), como también esta visión puede llevar a los estudiantes a memorizar conceptos de forma aislada e incluso volver a la noción de una sustancia que se transforma de un tipo a otro (Ellse, 1988; Millar, 2005; López & Pintó, 2012).

Por lo anterior, para evitar estas confusiones algunos autores consideran que es correcto hablar en términos de dos tipos de energía: energía cinética y energía potencial (López & Pintó, 2012; Pintó, 2004). Algunos autores, añaden un tercer tipo la energía interna (López & Pintó, 2012), aunque en términos estrictos la energía interna corresponde a la suma de la energía cinética interna (la energía asociada a las vibraciones de las partículas o en la temperatura del cuerpo) y la energía potencial interna (la energía asociada a la configuración química o a las interacciones electromagnéticas de las partículas).

Algunas propuestas didácticas (Pérez-Landazábal y Varela-Nieto 2006; García-Carmona y Criado 2013) consideran fundamental incluir la idea de transformación de energía de un tipo a otro. Si bien no estamos de acuerdo en poner el énfasis en la idea de “transformación”, somos conscientes que existen algunos fenómenos en los que se experimentan cambios de estado sin que la energía se transfiera a otro sistema por ejemplo en una caída libre o un lanzamiento parabólico, donde la energía pasa de potencial a cinética o viceversa, y que por lo tanto, en estos casos resulta mucho más intuitivo usar la idea de transformación que la de transferencia.

Por otra parte, los conceptos de calor y trabajo también reflejan dificultades y malos usos, incluso presentes en textos universitarios (Alomá y Malaver 2007), como ser considerados tipos de energía o algo que poseen los cuerpos (Doménech et al. 2003). Comúnmente el trabajo se asocia a *“el acto de transformar la materia aplicando fuerzas”* (Doménech et al., 2003, p. 297), mientras que para el calor las complicaciones son incluso mayores, comenzando con la confusión entre calor y temperatura, el calor como un fluido o sustancia (calórico), o el famoso uso de la energía térmica. En algunos casos también existen confusiones al identificar qué mecanismo de transferencia está asociado a un determinado cambio, como ocurre en general en las situaciones de rozamiento (por ejemplo, el calentamiento de nuestras manos al frotamos en un día de bajas temperaturas o el calentamiento del disco de frenos de un automóvil en una frenada). Los estudiantes suelen asociar los aumentos de temperatura a transferencias de energía a través de calor, y no a la acción de fuerzas (transferencias de energía a través de trabajo).

Por lo anterior, existe un amplio consenso entre los investigadores en abordar con detención las transferencias de energía, es decir, en relacionar el trabajo y el calor con las variaciones de energía experimentadas por un sistema (Ellse, 1988; Pintó, 1991, Doménech et al., 2003; López & Pintó, 2012). Estas transferencias de energía pueden ser analizadas a nivel macroscópico o a nivel microscópico, donde en esta última es importante tener en consideración que estas transferencias de energía a través de trabajo y/o calor producen cambios en la energía interna de un sistema (primer principio de la termodinámica).

Durante esta sección nos hemos referido siempre a transferencias de energía a través de trabajo o calor, sin embargo, es importante mencionar que para algunos autores existe una tercera forma de transferencia de la energía que es la radiación. No existe un consenso ni un enfoque didáctico único respecto a la radiación, sin embargo, estamos de acuerdo con

Ogborn (1986) en considerar que la radiación no es más que la combinación de trabajo y calor. Por ejemplo, si analizamos alguna situación en la que un cuerpo se caliente por radiación hablaremos de una transferencia de energía a través de calor, mientras que si la radiación mueve los electrones (como en una antena de radio) hablaremos de trabajo.

Es necesario que nuestros estudiantes diferencien estos mecanismos de transferencia de energía e identifiquen que el aprovechamiento de la energía transferida siempre es mayor cuando las transferencias son por trabajo, para poder asociar estas nociones a la idea de eficiencia energética. Por ejemplo, una cocina de inducción siempre será más eficiente que una vitrocerámica de conducción térmica, ya que la primera transfiere energía por trabajo y la segunda por calor. Esto ocurre porque en una transferencia de energía a través de trabajo la energía puede volver a ser transferida en su totalidad a través de calor a otro sistema, mientras que en una transferencia de energía a través de calor no toda la energía transferida podrá invertirse en realizar un nuevo trabajo. Esta explicación se puede complementar con una mirada microscópica de las transferencias de energía identificando que al realizar un trabajo sobre un cuerpo aplicándole una fuerza, el cuerpo se mueve como un todo, de modo que todas sus partículas se desplazan conjuntamente en un movimiento coherente. Por lo tanto, el cuerpo que recibe el trabajo ve incrementada su energía mecánica, mientras que en la transferencia de energía a través de calor de un cuerpo a mayor temperatura a otro de menor temperatura, la transferencia se produce via el movimiento caótico y aleatorio de las partículas del cuerpo que se calienta, de modo que aumenta su energía interna, y solo una parte de este movimiento va en la dirección en la que se transfiere la energía. Esta noción puede contribuir en niveles más avanzados o incluso en la educación superior a una comprensión del modelo cinético molecular de la materia en el área de termodinámica.

IDEA 3. La energía se degrada irreversiblemente, perdiendo capacidad para generar nuevos cambios.

En la gran cantidad de cadenas energéticas asociadas a fenómenos naturales o tecnológicos con los que convivimos a diario (cadenas de generación de electricidad en centrales, cadenas alimenticias, etc.) la capacidad que tiene cada sistema para producir nuevos cambios es inferior a la que tenía el sistema en los inicios de la cadena energética, de modo que esta capacidad se va reduciendo a lo largo de esta. Por lo tanto, podemos intuir que la energía disponible se vuelve menos útil y aprovechable, entendiendo que la

energía útil es la fracción de energía que asociamos a un sistema que servirá para producir nuevos cambios, en contraposición a la energía degradada (Méndoz & Abelenda, 2010).

Algunos autores como Doménech et al. (2003) se refieren a la degradación en términos de una distribución más homogénea o uniforme de la energía, mientras que otros a partir de esta noción introducen la magnitud conocida como entropía.

La idea de degradación de la energía puede ser bastante intuitiva y fácil de relacionar para nuestros estudiantes si la relacionamos con ejemplos concretos de fenómenos cotidianos. La relevancia de esta idea es que puede hacernos pensar en frases que habitualmente escuchamos como *consumo de energía* o *crisis energética*, entendiendo que la energía no desaparece, sino que las configuraciones o estados de los sistemas se homogeneizan dejando de ser útil (Solomon, 1982, Pintó et al., 2005).

IDEA 4. La energía se conserva en los sistemas aislados y en los no aislados no se conserva la energía útil

La idea de conservación de energía, en general, es una idea que se declara sin ser realmente comprendida, y ni mucho menos percibida (Ogborn, 1986), ya que en prácticamente todas las situaciones en nuestra vida cotidiana vemos cómo la energía se disipa. Su dificultad para concebirla y para percibirla es lo que ha centrado la atención de los investigadores en el campo que han teorizado y experimentado sobre la energía, concibiéndola como aquello que se conserva en cualquier cambio (Doménech et al. 2003). Méndoz & Abelenda (2010) proponen una definición de este principio *“los cambios experimentados por un sistema aislado conllevan transferencias y/o transformaciones de energía en su interior, pero la energía total del sistema permanece constante, es decir, la cantidad de energía que hay al principio es la misma que la que hay al final. El universo en su conjunto podrá interpretarse como un caso de sistema aislado en el que la cantidad total de energía no varía”* (p. 44).

Nosotros consideramos que lo importante es identificar que, en los sistemas no aislados, la energía disipada por un sistema la gana otro sistema o el entorno, de modo que, si se pudieran sumar todas esas energías transferidas entre sistemas, su valor sería el mismo, conservándose (López-Gay, Jiménez Liso, & Martínez-Chico, 2015). Esta noción va muy de la mano con la degradación de la energía considerando que es necesario que los estudiantes comprendan que aunque el sistema esté aislado y su energía se conserve en

cantidad, si esta se reparte de manera más uniforme entre sus partes el sistema tendrá la misma energía, pero de menor calidad o menos aprovechable. La energía útil, por lo tanto, no se conserva. Esta visión nos permite comprender, que aunque nuestra percepción nos engañe observando que la energía no se conserva, lo que verdaderamente no se conserva es la energía útil.

La siguiente tabla sintetiza las cuatro ideas claves que configuran el MCE de energía que consideramos coherente, eficiente y que permite a los estudiantes construir una visión energética para interpretar los procesos y fenómenos del mundo, y que han sido expuestas de forma similar en la literatura (Ogborn 1986, Pintó et al., 2005, López & Pintó, 2012, Soto et al., 2017).

Tabla 7. MCE de energía que se potencia en esta investigación

Idea 1: Naturaleza de la Energía	La energía está asociada a la configuración de un sistema, a su estado. Cuando varía el estado de un sistema varía la energía que le asociamos.
Idea 2: Transferencia de la energía	Todo cambio en el estado de un sistema que conlleva un aumento de la energía lleva asociado otro cambio en el estado de otro en el que disminuye la energía (y viceversa), a lo que le llamamos transferencia de energía. Si la interacción es debida a la diferencia de temperatura entre cuerpos decimos que la energía se transfiere por calor, y si es debida a fuerzas que generan desplazamientos o deformaciones, decimos que se transfiere por trabajo.
Idea 3: Degradación de la energía	La energía se degrada irreversiblemente perdiendo capacidad para generar nuevos cambios.
Idea 4: Conservación de la energía	La energía se conserva en los sistemas aislados, y en los no aislados no se conserva la energía útil.

A modo de cierre, queremos enfatizar la importancia que puede tener el dominio de una visión energética para interpretar una gran variedad de fenómenos y procesos del mundo, como, por ejemplo, el almacenamiento de energía producido durante la fotosíntesis, la transferencia de energía asociada a la alimentación y a las cadenas tróficas, el aporte calórico de cada tipo de dieta o el movimiento de las placas tectónicas. Es precisamente por el hecho de que el MCE de energía se puede aplicar a muchos fenómenos desde distintas disciplinas, que consideramos que dedicar tiempo a trabajar este modelo en el aula vale la pena a pesar de su complejidad.

Somos conscientes del nivel de abstracción de estas ideas pero entendemos que pueden concretarse de manera comprensible para los alumnos a lo largo de la escolaridad. Por ejemplo, la compleja idea de estado del sistema se puede comenzar a trabajar en primaria simplemente diferenciando cómo son las cosas de cómo están y viendo que en los cambios

las cosas pasan a estar a diferente altura, temperatura, movimiento, etc. Así podemos entender que decimos *ganar o perder energía* como una manera de conceptualizar que ha cambiado alguna variable importante, y que nos interesa esa diferencia, por ejemplo aumentar la altura, la temperatura, la compresión, etc. para almacenar energía (Soto et al., 2019).

Una visión energética basada en conceptos de estado del sistema, la transferencia, la conservación y la degradación de la energía puede ayudar a nuestros estudiantes a entender los fenómenos o procesos de forma más competencial, actuando en la sociedad. Por ejemplo, comprendiendo que los recursos renovables son cambios que suceden en la naturaleza que podemos aprovechar para generar nuevos cambios útiles para las personas o que en cualquier proceso la eficiencia energética es evitar o minimizar los procesos de degradación. También podrán discutir y valorar la necesidad de desarrollar nuevas y mejores técnicas para la obtención, el transporte y el almacenamiento de energía.

2.2. Enfoque de las prácticas científicas

2.2.1. Las prácticas de la ciencia y de la ciencia escolar

Existe la necesidad entre científicos, educadores y divulgadores de hacer partícipe a la sociedad de los avances que existen en la ciencia y la tecnología, pues consideran que la comprensión de la ciencia debería ser un valor de las sociedades democráticas, por ser consecuencia de nuestra cultura. Por lo tanto, los jóvenes deberían ser capaces de comprenderla y apreciarla (Blanco, 2004). Por este motivo en la actualidad existe un amplio consenso en el campo de la didáctica de las ciencias, sobre la necesidad de que la enseñanza y el aprendizaje contemplen aprender sobre la ciencia además de aprender los contenidos científicos de las distintas disciplinas. En otras palabras, que además de aprender los “qué” o “porqué” de los fenómenos científicos también se aborden aspectos de la naturaleza de la ciencia (Crujeiras & Jiménez-Aleixandre, 2012)

Esta nueva perspectiva surge luego del cuestionamiento que se ha generado en torno a definir cuáles son las actividades características que podemos asociar a los científicos y a la ciencia en si, que nos puedan ser útiles para transmitir en las aulas. Los métodos empiristas (que consideran que las teorías surgen a partir de experimentos) y los métodos racionalistas (que consideran que a partir de un marco teórico se diseñan experimentos, cuyos resultados deducen a partir de este) han entrado en crisis, al igual que la perspectiva

que define la actividad científica como el uso del método científico (Izquierdo, Sanmartí, & Espinet, 1999; Windschitl et al., 2008) por no transmitir las actividades y valores propios del quehacer científico.

En los últimos años la filosofía de la ciencia ha centrado su interés en dar a conocer cómo hacen ciencia los científicos reales, dejando de concebir a la ciencia como un conjunto organizado y validado de conocimientos que explican como es el mundo a considerar que la ciencia es un tipo de actividad humana (Izquierdo et al., 1999). *“Las ciencias constituyen una manera de pensar y de actuar con el objetivo de interpretar determinados fenómenos e intervenir en ellos mediante un conjunto de conocimientos teóricos y prácticos, estructurados”* (Izquierdo et al., 1999, p.46).

Izquierdo et al. (1999) nos señalan que las ciencias cognitivas han contribuido al desarrollo de un modelo cognitivo de la ciencia, en el que se describe que la ciencia es resultado de una actividad cognitiva así como lo son también los aprendizajes. En este proceso cognitivo los científicos interpretan el mundo, intentan darle significado para intervenir en él y evalúan estos resultados emitiendo juicios. Bajo esta perspectiva surge el modelo cognitivo de ciencia (MCC) (Giere, 1988) en el que se señala que el conocimiento científico se construye al igual que otras elaboraciones humanas y está al alcance de todos aquellos que desean saber cómo funciona el mundo para intervenir en él, en ese sentido existe una relación bidireccional entre el mundo teórico (modelos) y el mundo real (datos).

Este modelo cognitivo de ciencia de Giere y descrito por Izquierdo et al. (1999) resalta que lo importante es enseñar a pensar mediante teorías que se vinculan a los fenómenos como consecuencia de una acción humana transformadora y que se comunica con el lenguaje. Esta visión es coherente con otra forma de describir la actividad científica que son las denominadas prácticas científicas.

Tal como comenta Osborne (2014) *“La noción de ciencia como un conjunto de prácticas ha surgido del trabajo de los historiadores de la ciencia, filósofos, científicos cognitivos y sociólogos durante los últimos 40 años”* (p. 179-180), esto implica considerar que en la ciencia existe una comunidad científica con profesionales implicados en prácticas específicas y consensuadas (Garrido, 2016). La ciencia como una actividad humana y social frecuentemente se ve sometida a influencias, *“como intereses económicos que condicionan la financiación, ideologías dominantes que influyen en los problemas estudiados, o desigualdades que originan diferencias en la participación científica”* (Crujeiras & Jiménez-Aleixandre, 2012, p.13). Aprender sobre estos aspectos, puede

ayudar a nuestros estudiantes a comprender cómo se trabaja en ciencias y a desmontar estereotipos alejados del quehacer científico real.

Dentro del marco de las prácticas científicas se enfatiza el rol del discurso (leer, escribir, discutir ideas y explicaciones), además el papel de la experimentación como una actividad clave en la producción de la ciencia. Desde este marco se ha comenzado a concebir a la ciencia como un proceso de producción y revisión de modelos (Duschl y Grandy, 2008). En otras palabras, las prácticas científicas son procesos de construcción de teorías y modelos (modelización), evaluación de datos a través de observaciones y experimentos (indagación) y comunicación del conocimiento científico a través de la construcción de argumentos (argumentación) (Osborne, 2011; Crujeiras & Jiménez-Aleixandre, 2012; Osborne, 2014; Garrido, 2016).

Garrido (2016) describe en nuestro contexto este marco de prácticas científicas vinculando los tres elementos recién mencionados: modelización, indagación y argumentación. Nos señala que la ciencia comienza con la interpretación de los fenómenos en base a una pregunta sobre algún hecho de la naturaleza. A través de la indagación llevan a cabo investigaciones en el mundo natural para dar respuesta a las preguntas planteadas, en esta fase es donde se comienza a generar el conocimiento científico (Schwarz & Gwekwerere, 2007). Los científicos muestran su imaginación y creatividad al intentar dar respuesta a los ¿por qué pasa?, momento donde comienza la construcción de modelos y explicaciones. Por último, los científicos utilizan argumentos para relacionar las pruebas (evidencias de los datos obtenidos) con las afirmaciones teóricas a las que llegan (modelos construidos).

En esta línea, otros autores han explicado que la actividad científica consiste fundamentalmente en un ir y venir de la teoría a los datos, concretamente en *"utilizar pruebas para construir teorías, modelos y mecanismos que expliquen los sistemas naturales, y utilizar estas teorías y modelos para diseñar experimentos y estudios observacionales que provean pruebas"* (Duschl & Grandy, 2012, p. 2130 citado en Garrido 2016).

Este enfoque de prácticas científicas que nos permite entender cómo funciona la ciencia, también nos permite entender como orientar el aprendizaje de las ciencias (Osborne, 2014).

2.2.2. Las prácticas de la ciencia escolar

El enfoque que considera a las prácticas científicas como un aspecto central del aprendizaje de las ciencias está enmarcado en la perspectiva sociocultural. En esta perspectiva se enfatiza el aprendizaje de las ciencias a través de la participación de los estudiantes en prácticas sociales y epistémicas del trabajo científico (de naturaleza cognitiva o discursiva) que tienen como objetivo la construcción del conocimiento. Algunas de ellas son por ejemplo: llevar a cabo la selección y uso de pruebas para sustentar conclusiones, construir modelos teóricos, o diseñar y planificar investigaciones para resolver problemas en el laboratorio (Jiménez-Aleixandre, 2012). Este enfoque implica incluir aspectos sobre la naturaleza de la ciencia en la enseñanza, con el propósito de acercar la ciencia escolar a la ciencia real y así evitar que el alumnado desarrolle una idea sobre la ciencia que difiera de la realidad (Crujeiras & Puig, 2014).

Duschl y Grandy (2013) identifican dos corrientes en la investigación de las prácticas científicas: una que señala la necesidad de la enseñanza explícita de los aspectos de la naturaleza de la ciencia como un conjunto de principios utilizados desde la filosofía y la historia de la ciencia para caracterizarla como saber (enfoque centrado en incorporar las prácticas científicas como un contenido más) y otra que señala que el aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia tiene lugar cuando el alumnado participa en las prácticas de construcción, evaluación y comunicación del conocimiento, es decir, cuando el alumnado aprende a través de la práctica (Kelly, 2008) (citados en Crujeiras & Puig, 2014). Esta segunda corriente propone las prácticas científicas como un marco metodológico para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias (conocimientos conceptuales, procedimentales y epistémicos) que se pueden alcanzar con la participación de los estudiantes en estas prácticas (Garrido, 2016).

Desde la primera corriente descrita, algunos autores como Bybee (2011); Krajcik & Merritt (2012) y Osborne (2014) han definido una serie de prácticas científicas que deberían trabajar y aprender en el aula de ciencias. Señalaremos las 8 prácticas propuestas por Osborne (2014) que además incluyen las dimensiones de la actividad científica (indagación, modelización y argumentación) (Garrido, 2016):

- Formulación de preguntas (científicas)
- Desarrollo y uso de modelos
- Planificación y realización de investigaciones

- Análisis e interpretación de datos
- Uso del pensamiento matemático y computacional
- Construcción de explicaciones
- Construcción de argumentos en base a pruebas
- Obtención, evaluación y comunicación de información.

Desde la segunda corriente mencionada se establece que *“los estudiantes aprenderán mejor ciencias (tanto conceptos y procedimientos) si participan activa y genuinamente de las prácticas discursivas, cognitivas y sociales de la ciencia, es decir, pensando y actuando científicamente en una comunidad que se dedica a las actividades de creación, evaluación y comunicación de los conocimientos científicos (escolares) (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003; NRC, 2012; Schwarz & Gwekwerere, 2007)”* (Garrido, 2016, p.14).

Coincidimos con la importancia de esta segunda corriente y desde esta mirada enfocamos nuestra investigación. Más aún considerando que desde el marco de PISA se considera que el objetivo de la enseñanza de las ciencias debe apuntar a la alfabetización y el desarrollo de las competencias científicas de los estudiantes. Así, el participar en prácticas de esta naturaleza puede contribuir en que los estudiantes hagan, piensen y hablen científicamente siendo cada vez más competentes científicamente. La participación en estas prácticas sociales y análogas a las de la ciencia implica el desarrollo de las competencias científicas. Incluso Osborne (2014) considera que la capacidad de participar en prácticas científicas debería considerarse una competencia en sí misma (Garrido, 2016).

Para que los estudiantes aprendan sobre la naturaleza de la ciencia a través de las prácticas científicas, es necesario que el profesorado se haya formado sobre esta perspectiva, considerando que es habitual que no se hable de estos temas en los cursos de formación inicial de maestros encontrándose con imágenes distorsionadas de la actividad científica en los futuros profesores (Crujeiras & Puig, 2014).

Considerando que las prácticas científicas pueden contribuir a que los futuros maestros conozcan aspectos de la naturaleza de las ciencias, aprendan acerca de las ciencias participando activamente en ellas y desarrollen competencias científicas, vemos que este marco es coherente con las bases curriculares chilenas propuestas por el Mineduc y por este motivo nos interesa potenciar este enfoque en nuestra investigación.

2.2.3. La actividad científica escolar (ACE)

Esta perspectiva que hemos presentado de prácticas científicas que enfatizan los procesos de la ciencia es coherente con la perspectiva de Actividad científica escolar (ACE) tradicional del Departamento de Didáctica de las Ciencias de la UAB en el que se ha realizado esta Tesis (Izquierdo et al., 1999; Izquierdo, 2014; Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003).

Tal como mencionan Sanmartí e Izquierdo (1997) si las ciencias son el resultado de una actividad humana compleja, su enseñanza no puede serlo menos, y también debe concebirse como una actividad científica. Para ello, debe tener una meta, un método y un campo de aplicaciones adecuados al contexto escolar. Además de considerar los valores de los estudiantes y promover la construcción de conocimientos para hacerlos evolucionar.

Considerando que la ciencia no es solo un cuerpo de conocimientos, este enfoque propone una ciencia análoga a la construcción que realizan los científicos, con un fuerte énfasis en los aspectos sociales y que tiene como objetivo principal el aprendizaje pero, también la naturaleza del conocimiento científico y su desarrollo (Marzàbal, 2010). Este enfoque didáctico hace referencia a una forma concreta de introducir la práctica científica escolar en el aula, con una forma de hacer, hablar y pensar, donde la modelización (construcción de modelos) tiene un papel clave para aprender la ciencia que usamos en la vida (Garrido, 2016). En general, utilizamos la ACE cuando queremos que los estudiantes aprendan alguna idea potente o modelo clave de las ciencias (modelo del ser vivo, modelo del cambio químico, modelo energético, modelo de tiempo geológico, etc.) que habitualmente costará aprender, considerando que el proceso de modelización orientado a la construcción de estos modelos clave ha mostrado ser significativo para el aprendizaje de las grandes ideas de la ciencia (Merino & Izquierdo, 2011; Garrido, 2016).

Izquierdo et al. (1999) plantean ciertas orientaciones para que la ACE sea significativa en el aula. En primer lugar mencionan que es necesario que la ACE tenga sentido para los estudiantes con teorías creíbles y útiles, para entrar en las reglas del juego y conocerlas dando sentido al mundo natural a través del uso de modelos teóricos escolares (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003). En segundo lugar nos plantean, que es necesario disponer de “un mundo apropiado” que permita la conexión entre un modelo teórico y el dominio de los fenómenos. Para esto es necesario tener un contexto y una finalidad

significativa que no puede ser la misma que mueve a los científicos a actuar, de manera que los estudiantes puedan intervenir en los fenómenos de manera consciente y reflexiva.

También se enfatiza la importancia de que esta perspectiva incluya en la enseñanza la observación y experimentación de fenómenos, considerando que estas prácticas emulan la actividad científica y los fenómenos paradigmáticos son especialmente relevantes para entender, construir y comunicar los modelos científicos (Garrido, 2016).

Las autoras, también nos plantean ciertos elementos a considerar que nos permiten diferenciar a la ACE de la actividad científica real. Nos mencionan que los fenómenos del mundo que los estudiantes podrán interpretar (hechos científicos) con una ACE estarán limitados al marco de los modelos teóricos previstos en el currículo. Que el método que utilizarán los estudiantes para alcanzar su meta será el más apropiado al aula y no será el método experimental propio de la ciencia (puesto que difícilmente los estudiantes llegarán a experimentar de forma autónoma, considerando que los métodos, instrumentos y las teorías científicas son desconocidas para ellos) y finalmente mencionan que discutir con los sus pares sobre los experimentos, escribir reflexivamente sobre ellos y construir para ello los signos adecuados (tablas, gráficos y símbolos) así como establecer consensos puede ser muy significativo para construir y reconstruir el conocimiento científico escolar y que este vaya evolucionando.

Cuando los estudiantes se involucran activamente en las ACE participan en una actividad científica genuina que, aunque no es la misma que la actividad de los científicos, permite desarrollar razonamientos científicos en los estudiantes (Merino & Izquierdo, 2011). Seguiremos desarrollando esta perspectiva a partir de los siguientes apartados del marco teórico.

2.3. Visiones de modelos y modelización

2.3.1. Polisemia del concepto modelo y modelo científico

Hablar de ACE y de modelos teóricos, tal como lo hicimos en el apartado anterior, nos obliga a reflexionar brevemente sobre modelos y modelización para aclarar ciertos conceptos que estarán presentes a lo largo de esta Tesis.

El concepto de modelo y modelización comienza a surgir a finales de la década de los 80 y principio de los 90 en el campo de la Didáctica de las Ciencias y con la actual concepción

semántica de las teorías científicas, donde los modelos empiezan a ser considerados el tipo de representación científica más importante en los análisis de epistemología de la ciencia (Garrido, 2016). A partir de este momento comienza un creciente interés en el tema hasta nuestros días (Gutierrez, 2014).

El término “modelo” lo empleamos a menudo para referirnos a la representación concreta de alguna cosa (Justi, 2006; Schwarz et al., 2009), tal como lo señalan Oh & Oh (2011) *“aunque las definiciones de modelo pueden ser diversas, un modelo se entiende como la representación de un referente. Los referentes representados por los modelos pueden ser varias entidades, como objetos, fenómenos, procesos, ideas, o sistemas”* (citado en Gutiérrez, 2014, p.38). El término modelo también es utilizado para referirnos a alguna representación simbólica o física (maqueta) de una entidad (Adúriz-Bravo & Izquierdo-Aymerich, 2009).

Chamizo (2010) considera que estas representaciones se basan generalmente en analogías que surgen del contexto entre un objetivo específico y lo que el denomina como una porción de mundo. Para otros autores los modelos son instrumentos mediadores entre la realidad y la teoría (Morrison y Morgan, 1999), de ese modo los podemos considerar como la base de las teorías científicas (Giere, 1990) o las unidades básicas del razonamiento científico (Nersessian, 1999).

Así, en base a una revisión del campo Oh & Oh (2011) y Gutiérrez (2014) señalan que no hay un consenso establecido para este término, que es concepto enormemente polisémico en el ámbito de la enseñanza de las ciencias. Oliva-Martínez & Aragón-Méndez (2009) señalan que si hay que destacar una característica esencial de los modelos, esta sería su utilidad, considerando que un modelo puede ser útil para explicar los hechos disponibles y para proporcionar predicciones sobre hechos futuros.

Ante las múltiples definiciones generalizadas del concepto en la literatura, consideramos esencial distinguir entre modelos de diversa naturaleza (teórica o física) y funcionalidad (explicativa, predictiva, etc.) para utilizarlos en nuestro contexto de investigación. Desde esa perspectiva, estamos de acuerdo con Garrido (2016) en centrar nuestro interés en los modelos de naturaleza teórica o conceptual (que pertenecen al mundo de las ideas) (Glynn & Duit, 1996) y que son conocidos en la literatura como modelos científicos (conceptuales).

A partir de esta distinción, podemos considerar a un modelo científico como una entidad no lingüística abstracta caracterizada a través de una serie de enunciados simbólicos, que se expresan a través de diferentes tipos: leyes, principios, definiciones, ecuaciones, analogías, metáforas, imágenes, maquetas, etc. (Adúriz-Bravo, 2008). Estos modelos actúan como un puente o mediador para conectar una teoría y un fenómeno, permitiendo desarrollar una teoría desde los datos, relacionando la teoría con el mundo natural (Oh & Oh, 2011) y que permiten describir, explicar y predecir los fenómenos naturales, así como comunicar las ideas científicas (Garrido, 2016). Estos modelos se caracterizan además por su carácter tentativo (no se pueden considerar como verdades absolutas) pues no pueden ser aplicables a todos los fenómenos o contextos (mostrando un grado de ajuste limitado) (Gutiérrez, 2014). Por otra parte, los modelos están cargados de valores, marcando y justificando las propias reglas del juego de una disciplina científica. En este sentido, los modelos conforman una determinada forma de ver el mundo y por lo tanto, son una forma de pensar y actuar en y sobre el mismo (Oliva-Martínez & Aragón-Méndez, 2009).

Bunge (1973) define a un modelo científico como una representación de un sistema real o hipotético, constituido por un conjunto de objetos con sus propiedades y leyes que explican los comportamientos de estos (citado en Hernández, 2012). Gutiérrez (2014) en base a la definición de Bunge define a un modelo científico como un conjunto de entidades con sus propiedades especificadas, y un conjunto de enunciados legales, relativos a los comportamientos de esas entidades.

Algunos autores señalan que los modelos científicos se caracterizan por su potencial uso para realizar predicciones y explicaciones, lo que refleja su funcionamiento y capacidad de evidenciar los comportamientos de un sistema (Gutiérrez, 2014), y en general, se expresan a través de representaciones complejas (como expresiones matemáticas), lo que frecuentemente los hace parecer muy abstractos y difíciles de comprender. Algunos ejemplos de modelos científicos pueden ser el modelo de Bohr del átomo, el modelo de partículas de la materia, el modelo de ciclo del agua, etc. Creados para dar sentido a lo que se observa y para conectar una teoría con un fenómeno (Schwarz & et al., 2009).

Por otra parte, Adúriz-Bravo & Izquierdo-Aymerich (2009) nos comentan la definición de modelo científico en base a los aportes de Giere como *“cualquier representación subrogante, en cualquier medio simbólico, que permite pensar, hablar y actuar con rigor y profundidad sobre el sistema que se está estudiando”* (p.46).

Aunque en la literatura en Didáctica de las Ciencias a menudo se establece una equivalencia entre las diferentes materializaciones de un modelo científico o conceptual (por ejemplo las maquetas, esquemas, enunciados, formulaciones matemáticas, etc.) y el modelo conceptual o científico en sí mismo, para nosotros el modelo científico o conceptual hace referencia a las ideas, reglas del juego y forma de mirar subyacente a las diferentes materializaciones o expresiones del modelo, y no cada una de ellas. Por ejemplo, no consideramos que una maqueta del sistema solar sea un modelo conceptual del sistema solar, pero sí puede ser una expresión privilegiada del mismo que usada de cierta forma permita que los estudiantes se lo vayan apropiando. En este sentido, las ideas relacionadas con la energía que hemos presentamos en el apartado 2.1, son una expresión privilegiada del modelo científico útil para el diseño curricular, la enseñanza y el aprendizaje (Soto et al., 2017). En efecto, los docentes de ciencias usamos en clase modelos científicos pragmáticamente adecuados mediante la transposición didáctica para formar a nuestros estudiantes (Izquierdo- Aymerich y Adúriz-Bravo, 2003) a los que conocemos como modelos científicos escolares y nos referiremos a continuación.

Para finalizar, en esta Tesis cuando hablemos de modelos científicos (escolares o no) nos estaremos refiriendo a modelos de naturaleza conceptual.

Por otra parte, cuando necesitemos una expresión privilegiada del modelo científico en cuestión (una versión del modelo científico escolar que queremos que se aprenda en el aula), lo redactaremos como "ideas" del modelo. Estas ideas serán una expresión del mismo, harán referencia a las entidades del modelo y al comportamiento de las mismas en el modelo a través de enunciados (Garrido, 2016).

2.3.2. Modelos mentales (MM)

El concepto de modelo mental (MM) entra en el campo de la Didáctica de las Ciencias a mediados de los años 90. Al igual que otros modelos que hemos mencionado cargado de polisemia (Gutiérrez, 2005) y proveniente de la ciencia cognitiva, predominando dos vertientes teóricas la de Johnson-Laird y la corriente instruccional Gentner y Stevens (Greca & Moreira; 2000; Gutiérrez, 2005).

Gutierrez (2007) define un modelo mental como una representación que tiene la capacidad de captar la dinámica del pensamiento humano, ya que su propósito fundamental es explicar y predecir los sistemas que modeliza, por esta razón está dotado de sistemas de inferencias que le permiten decir cosas del pasado y el futuro de este.

El ser humano intenta comprender la realidad y construye modelos mentales de los sistemas físicos que considera importantes en un momento dado, los reconstruye hasta que sean satisfactorios y luego los utiliza para inferir el comportamiento futuro, en ese sentido experimenta un cambio conceptual. Gutiérrez (2001) plantea un modelo de cambio conceptual llamado ONESPI que permite identificar los aspectos dinámicos del pensamiento de los sujetos, dando énfasis al mecanismo de evaluación del modelo, que lleva a que los sujetos reconstruyan sus modelos mentales si no satisfacen determinadas convenciones y condiciones. Aliberas, Gutiérrez, & Izquierdo (2019) consideran que estas evaluaciones de los modelos mentales también tienen un importante componente emocional (positiva o negativa) y sentimental (experiencia subjetiva) que pueden impulsar el proceso intelectual y creativo de los sujetos.

Algunas de las principales características de los modelos mentales son las siguientes: los MM reflejan las creencias que tienen los sujetos sobre un sistema, representando las cosas que tienen en la cabeza y que orientan el uso que se hacen de ellas; existe una correspondencia entre el MM construido y el mundo real al que este modelo hace referencia (Garrido, 2016). Los MM son incompletos; inestables (los sujetos olvidan detalles de sus modelos o los omiten); no tienen fronteras definidas y son no-científicos (reflejan las creencias de las personas sobre el sistema representado). La principal función de un modelo mental es la de permitir a su constructor explicar y predecir respecto al sistema físico representado. Es decir, es funcional para la persona que lo construye (Greca & Moreira, 2000).

Oliva (2014) señala que los MM son aquellos modelos que tienen una utilidad para las personas semejante al que poseen los modelos de la ciencia para el científico, debido a que son formas de pensar y de representar el mundo exterior que elaboramos y activamos cuando queremos comprender o predecir situaciones. Surgen de la necesidad de dar sentido a una situación, por tanto, son producto de la interacción del conocimiento previo con información proveniente del exterior. Desde esta perspectiva el autor plantea que las concepciones del alumnado pueden reinterpretarse en términos de modelos mentales usados por los individuos para interpretar fenómenos y situaciones del mundo real.

Cuando interactuamos con el entorno y con los demás, formamos MM internos sobre nosotros y sobre las cosas con las que interactuamos, que nos brindan la posibilidad de explicar o predecir. Estas representaciones pueden ser idénticas, similares o muy diferentes de los MCE que son objeto de enseñanza y aprendizaje en la clase de ciencias

(Hernández, 2012). En este sentido, en esta Tesis Doctoral nos interesa identificar qué MM tienen los alumnos y cómo se modifican al participar en una secuencia de enseñanza – aprendizaje que pretende construir ciertas ideas en torno al MCE de energía. Iremos interpretando lo que tiene en la cabeza cada alumno en momentos determinados respecto al MCE de energía e iremos comparando las diferentes versiones del MM a lo largo de la implementación.

Al igual que en la investigación de Garrido (2016) cuando nosotros hablamos de MM nos referimos a las ideas del estudiante que le sirven para explicar el mundo en relación a un MCE. Sabemos que los MM están en la cabeza de los estudiantes, pero podemos interpretarlos de sus expresiones, a lo que Justi (2006) llama como modelo expresado. Por tanto, las ideas que forman el MM de un estudiante las podemos interpretar tanto a partir de las explicaciones respecto de los fenómenos como a partir de las expresiones explícitas del modelo a través de varios formatos, tales como textos o dibujos.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de un MM expresado de un estudiante en una de las actividades realizadas en la implementación de la secuencia de enseñanza – aprendizaje de esta Tesis. A través de este MM podemos interpretar su comprensión a nivel microscópico de una transferencia de energía a través de calor y trabajo. En nuestro caso, consideramos que el dibujo creado por los alumnos es una expresión / explicitación del modelo mental que tienen respecto del MCE de transferencia de energía a través de calor y trabajo (y por tanto, de las reglas del juego que tienen en la cabeza), y la interpretaremos de este dibujo y de la discusión asociada, pero en ningún caso llamaremos al propio artefacto (dibujo) "modelo mental".

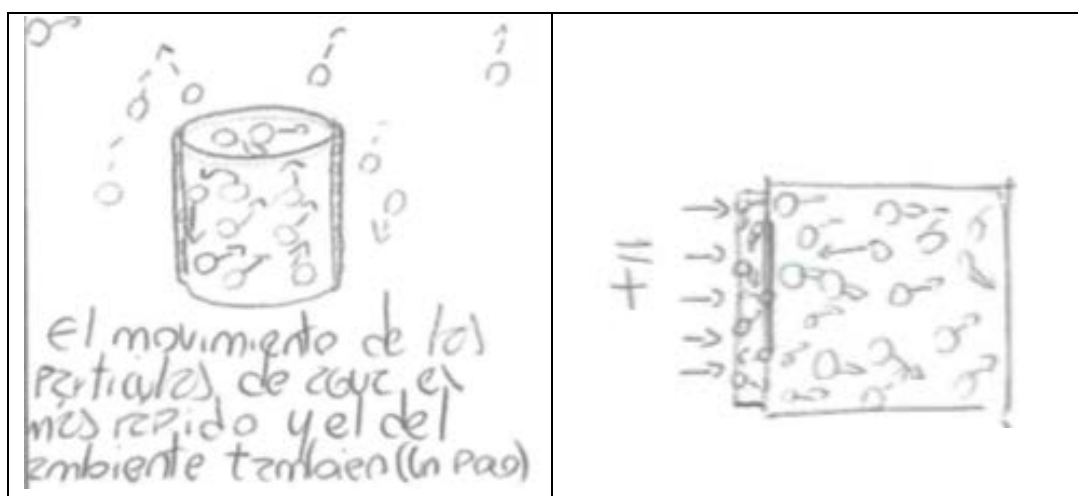


Figura 1. Dibujo creado por un alumno participante de la investigación.

Por lo tanto, cuando en esta investigación hablemos del modelo de los estudiantes nos referiremos al MM (expresado) que hay detrás de la explicación o de la expresión utilizada (en formato dibujo, maqueta, escrito, etc.), la que surgirá de nuestra interpretación de su constructo.

Por último, terminaremos con una de las reflexiones realizadas por Garrido (2016), en las que nos hace pensar en la naturaleza mental de todos los modelos. La autora nos menciona que los modelos científicos, MCE u otros, han surgido necesariamente de los modelos mentales de las personas que forman parte de la comunidad científica, pero una vez que son consensuados o discutidos en comunidad y expresados en multitud de expresiones estandarizadas y compartidas podemos obviar ese origen mental.

2.3.3. Modelo Científico Escolar (MCE)

Como ya hemos mencionado los modelos juegan un papel esencial en la ciencia, así como también en el currículo de ciencias y en el aprendizaje de los alumnos. Por una parte, han sido claves en la evolución histórica del pensamiento científico, así como también son claves en la estructura de las teorías actuales y en los métodos de investigación (Oliva & Aragón, 2009). Desde nuestra perspectiva, fuertemente influenciada por la corriente semanticista de la filosofía de la ciencia y la perspectiva de la Actividad Científica Escolar (ACE), concebimos los modelos científicos escolares (MCE) (los modelos que nos interesan en la escuela) como versiones escolarmente adecuadas de los modelos científicos (de la ciencia), que son de naturaleza teórica y conceptual, y que tienen la capacidad de describir, explicar, predecir e intervenir en el mundo (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003; Oliva, 2014; Hernández, Couso & Pintó, 2015). Mediante estos “modelos reconstruidos”, que agrupan unos pocos y grandes modelos científicos análogos a los de la ciencia, los profesores intentan presentar los conceptos abstractos y centrales de las disciplinas como propuestas activas y no memorísticas para guiar a los estudiantes a actuar de manera similar a los científicos: pensando, experimentando, comunicando, en el marco teórico de las disciplinas científicas, para obtener una respuesta a una pregunta (en el marco de la ACE) (Izquierdo et al., 1999).

En la enseñanza de las ciencias el MCE corresponde a un modelo transpuesto (que surge de una reconstrucción didáctica del contenido científico) que permite facilitar la comprensión de los modelos científicos a los estudiantes y determinar lo que queremos que aprendan en el aula de ciencias (Acher, Arcà, & Sanmartí, 2007). Esta transposición

se orienta en base a las finalidades educativas, el currículo, las capacidades de los estudiantes, entre otras variables didácticas (Garrido, 2016), como también se realiza de acuerdo a cada nivel de escolaridad, coherente a las capacidades de los estudiantes en cada nivel.

Algunos autores también denominan a los MCE como modelos conceptuales (Acher et al., 2007; Greca & Moreira, 2000; Hernández, 2012). Greca & Moreira (2000) definen a un modelo conceptual como una representación externa, creada por investigadores o profesores para facilitar la comprensión o la enseñanza de sistemas o estados de cosas del mundo, pero con la particularidad de ser representaciones precisas y consistentes con el conocimiento científicamente compartido. Coincidimos que el objetivo del MCE es facilitar la comprensión de los estudiantes, pero es importante enfatizar que esto no implica el uso de versiones incompletas o simplificadas de los mismos, sino que el uso de modelos con un poder explicativo similar a los modelos de la ciencia pero adaptados a las necesidades de aprendizaje de los estudiantes (Garrido, 2016).

Los MCE, comparten algunos aspectos clave con los modelos científicos, tal como nos señala Garrido (2016) *“tienen un carácter y naturaleza teórica (que incluye muchas representaciones) (Glynn & Duit, 1996), hacen referencia a una forma de mirar los fenómenos que relaciona entidades con su comportamiento (conjunto de entidades con sus enunciados) y se expresan de manera diversa (esquemas, dibujos, ideas clave ...). Es decir, engloban todo lo que queremos que el alumno aprenda de una cierta "forma de mirar el mundo" de manera que le permita predecir y explicar (al nivel que queremos) los fenómenos que tratamos en el aula”* (p.25).

Con respecto al proceso de enseñanza de los MCE, es común que entre los objetivos pedagógicos de los docentes se espere que los estudiantes construyan modelos mentales cercanos a las ideas del MCE que se intenta potenciar. Duit & Glynn (1996) consideran que el aprendizaje significativo puede ser producto de la evolución de modelos mentales de los estudiantes hacia los modelos similares con los que se han instruido. Por su parte, Greca & Moreira (2000) resaltan que los estudiantes no necesariamente verán los MCE como tales, por no tener el dominio necesario para interpretarlos. Señalan que los estudiantes toman solo aquellos elementos que consideran importantes, los relacionan con aquello que ya conocen y generan (o no) modelos mentales que no necesariamente son similares a las ideas del MCE. De este modo los estudiantes estarían construyendo sus

propios modelos mentales, que actúan como construcciones cognitivas intermediarias en el proceso de aprendizaje (Merino, 2009).

Desde nuestro punto de vista, las ideas del MCE aplicadas a un fenómeno concreto son una expresión del MCE apropiado para este fenómeno que es conveniente para un grupo, edad o nivel determinado, y que representa lo que quisiéramos que los estudiantes utilicen para poder predecir y explicar ese fenómeno (Garrido, 2016). De este modo a través del proceso de modelización esperamos que los estudiantes sofisticuen sus modelos mentales para llevarlos cada vez más cerca del modelo consensuado en el aula (MCE).

Finalizamos enfatizando el rol de las ideas del MCE para el diseño de las secuencias de enseñanza – aprendizaje, debido a que *“nos permiten explicitar y comunicar de la manera clara y didáctica el objetivo de aprendizaje: cuáles son cada una de las ideas importantes de la versión del modelo teórico que queremos que tengan los alumnos, es decir, lo que deberían saber, entender, recordar o aplicar”* (Garrido, 2016, p.25).

2.4. Construir un MCE a través de la modelización

Las ideas iniciales que tienen los estudiantes (sistemas conceptuales propios) son modelos mentales con los que dan explicaciones a ciertos fenómenos del mundo. Estos MM en general, por ser incompletos y en ocasiones alejados de los modelos científicos, necesitan complementarse con marcos disciplinares para irse acercando cada vez más a los MCE que los docentes potencian en sus aulas, para ir haciendo más compatibles sus MM con los MCE. Este proceso no es sencillo y a lo largo de múltiples investigaciones en el campo, desde las distintas perspectivas (constructivistas o socioconstructivas, entre otras) se han propuesto estrategias de aprendizaje, así como de contenidos (o como en nuestro caso las ideas clave) para orientar a los docentes desde los distintos campos disciplinares del conocimiento. Está claro que el conocimiento no se puede transmitir directamente sino que es necesario que el estudiante lo construya activamente.

En base a esta idea, en los últimos años estas orientaciones pedagógicas se han dirigido hacia la necesidad de considerar la modelización como un proceso clave en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencia (Oliva, 2014). Estableciendo así una coherencia entre la construcción de modelos científicos que se realiza desde la disciplina y la construcción de MM que se vayan acercando a los modelos científicos (Glynn & Duit, 1996). Desde esta perspectiva el aprendizaje de las ciencias consistiría en la evolución

cognitiva a través de distintos modelos adoptando como referente el modelo consensuado en la ciencia escolar (Oliva, 2014).

El proceso de construcción de modelos es lo que se denomina modelización (Baek, Schwarz, Chen, Hokayem, & Zhan, 2011; Couso & Garrido, 2017; Hernández et al., 2015; Justi, 2006; Schwarz & Gwekwerere, 2007; Windschitl et al., 2008). Oliva, Aragón y Cuesta (2015) señalan que el uso de modelos y modelización son considerados como una de las prácticas científicas más importantes, por este motivo deben formar parte del bagaje de los estudiantes en su formación científica básica. Incluso Oliva (2014) señala que el razonamiento basado en modelos, al ser una actividad esencial dentro del aprendizaje de las ciencias, debería ser considerado como un referente obligado en las clases de ciencias, sin embargo, estas prácticas no son comunes en las aulas de nivel medio y superior y son incluso más escasas en las etapas iniciales de la educación obligatoria (Acher et al., 2007).

Modelizar resulta una pieza clave en la educación científica por incluir en torno a ella a la mayoría de competencias científicas que se promueven hoy dentro del currículo de ciencias, y por su potencial además para desarrollar estrategias de “aprender a aprender” (Oliva, 2014).

Para nosotros este proceso está asociado a un objetivo didáctico (es lo que queremos que hagan los estudiantes) y lo consideramos una práctica científica fundamental para la construcción del nuevo conocimiento científico (Osborne, 2014), así como una práctica fundamental en el aula de ciencias (Garrido, 2016; NRC, 2012; Oliva, 2014). Involucrar a estudiantes en prácticas científicas auténticas, como la de modelización, en contraposición a rutinas tradicionales en las que suelen ser solo consumidores de productos del conocimiento científico, puede ayudarlos a entender no solo ideas centrales de las distintas disciplinas científicas, sino también a ganar conocimiento epistemológico para entender cómo se construyen y evalúan esas ideas (Acher, 2014). Coincidimos con Schwarz y colegas en que la modelización debe entenderse como el proceso, tanto personal como social, de “ir dando sentido a las ideas en desarrollo” (Schwarz et al. 2009, p.637).

Modelizar fenómenos para apropiarse de un MCE implica poner a los estudiantes en situación de construir sus propias versiones de las ideas centrales de las disciplinas científicas, a través de articular su propia comprensión de cómo se comporta un fenómeno científico (Windschitl et al., 2008). Este proceso no solo favorece el aprendizaje de las ciencias (entendido como la evolución de los modelos mentales de los alumnos), sino

también el aprendizaje sobre ciencias. Esto es así, porque desde la perspectiva de la ACE se está simulando la actividad científica real a través de fenómenos paradigmáticos (fenómenos especiales que cumplen muy bien las reglas del juego del modelo) que son especialmente relevantes para entender, construir y comunicar los modelos científicos escolares (Garrido, 2016).

Al poner a los alumnos en situación de participar en procesos de creación de conocimiento análogos a los de la ciencia, el enfoque tradicional del aula de ciencias cambia de “enfoque en los productos” (teorías, leyes...) a “enfoque en los procesos”. En este contexto la modelización es una práctica científica escolar clave, debido a que nos da una visión epistemológicamente adecuada sobre cómo se construye el conocimiento científico (centrándose en las explicaciones y los modelos) y no centrándose en las teorías o en el estereotipado método científico (Windschitl et al., 2008).

Para nuestra investigación, consideramos que “la construcción de modelos cada vez más sofisticados” es la actividad esencial de la modelización (y no una etapa inicial de la misma) (Soto et al., 2017). Esta construcción paulatina requiere la participación de estudiantes en las prácticas de expresión explícita de sus modelos mentales, uso de sus modelos para predecir o explicar fenómenos, evaluación de sus modelos en base a las pruebas disponibles y revisión de sus modelos en base a nuevas ideas (Couso y Garrido, 2017; Garrido 2016).

Estas prácticas de expresión del modelo que hemos mencionado implican también, que los estudiantes participen activamente de estas mismas con sus pares, involucrándose en un tipo de razonamiento y discurso “científico”, a través del diálogo crítico, el análisis de la correspondencia entre el fenómeno y el modelo o la discusión de modelos contradictorios o no coherentes con sus pares (Garrido, 2016). En ese sentido y desde la perspectiva de la ACE, los estudiantes estarían participando de prácticas científicas escolares discursivas, cognitivas y sociales análogas a las que se hacen en ciencia.

Así como para nosotros la construcción de modelos es la clave del proceso de modelización, para otros autores esta construcción es una etapa más del proceso, existiendo incluso un amplio consenso en la literatura respecto al hecho de que modelizar implica que los estudiantes sean capaces no solo de construir y utilizar modelos, sino sobre todo de evaluarlos y revisarlos (Clement 2008; Khan 2007; Schwarz et al. 2009).

Baek et al. (2011) y Schwarz et al. (2009) han dividido la práctica de modelización en cuatro elementos relevantes, en las que la modelización se visualiza como una práctica separada de los modelos (es decir, sin tener en cuenta las ideas conceptuales como un contenido a aprender) (Garrido, 2016). Estos cuatro elementos son:

1. Construir modelos consistentes con pruebas y teorías previas, por ilustrar, explicar o predecir fenómenos;
2. Utilizar modelos para ilustrar, explicar o predecir fenómenos;
3. Comparar y evaluar la capacidad de los diferentes modelos para representar cuidadosamente y dar cuenta de los patrones en los fenómenos, y para predecir nuevos fenómenos;
4. Revisar modelos para incrementar su poder explicativo y predictivo, teniendo en cuenta pruebas adicionales o aspectos del fenómeno.

Estos autores centran el rol de la modelización en su dominio valorando sobre todo estas prácticas como *“un proceso donde los estudiantes incorporan conocimientos importantes sobre cómo analizar, tener un diálogo crítico, razonar con coherencia, buscar consistencia lógica, comparar modelos contradictorios, considerar alternativas o justificar ideas fundamentadas en pruebas; todas ellas estrategias propias del pensamiento científico (Garrido, 2016, p.38-39)”*. Estamos de acuerdo con esta perspectiva pero también consideramos clave que los alumnos incorporen MCE apropiados, potentes y útiles para la comprensión de fenómenos del mundo y la toma de decisiones en él.

Oliva (2014) y Aragón, Oliva-Martínez, & Navarrete (2014) señalan que en el proceso de modelización es importante aprender los modelos de la ciencia escolar, pero también desarrollar la competencia para trabajar con ellos, elaborarlos, revisarlos, reconstruirlos, así como hablar y opinar acerca de los mismos, entendiendo su valor, su utilidad, su carácter cambiante y también sus limitaciones. En ese sentido los autores consideran que el uso de las analogías puede constituir una herramienta importante no solo para el aprendizaje de conceptos, sino también para el desarrollo de las capacidades necesarias para el acto de modelizar.

En la línea de los autores recién mencionados, es decir, valorando la construcción de las ideas de un modelo científico escolar y las competencias que los estudiantes desarrollan en el proceso de modelización, Garrido (2016) propone una nueva versión del ciclo modelización, basándose en las propuestas de Baek et al. (2011) y Schwarz et al. (2009), centrándose en los modelos y en cómo hacerlos accesibles al aula.

La autora señala que la construcción de modelos se concreta en espacios de participación activa de los estudiantes en prácticas de expresión, uso, evaluación y revisión de modelos. Esto enfatiza el fin de la modelización e incluso la define. El elemento “expresión” es nuevo en relación a las propuestas de autores como Baek et al. (2011) y Schwarz et al. (2009). Este elemento es esencial para que los estudiantes hagan explícitos sus MM a través de un medio concreto, que puede ser un constructo físico como una maqueta, un dibujo, una simulación o con descripciones o explicaciones de sus interpretaciones de los fenómenos.

En cuanto al resto de elementos o prácticas de modelización, la autora las considera adecuadas pero las modifica para aclarar ciertas nociones como las de fases de modelización así como las de objetivos didácticos asociados a cada una. También propone que estas no sean secuenciales y que puedan ser iterativas a través de múltiples ciclos de evaluación y revisión del modelo. Garrido (2016) En una primera etapa establece y define cuáles son las diferentes prácticas de modelización en las que podría participar un estudiante y diseña un ciclo de modelización con paralelismos con el ciclo de aprendizaje de Jorba & Sanmartí (1996).

En una segunda etapa diferencia el objetivo didáctico (actividad científica escolar de modelización que se quiere promover en los alumnos) de la secuencia instruccional (actividad o situación didáctica que se diseña o realiza con el fin de alcanzar el objetivo didáctico de modelización) y realiza refinamientos a las prácticas de modelización, dando origen a una nueva versión del ciclo de modelización que presentamos en la Tabla 8 y la Figura 2.

Tabla 8. *Ciclo de modelización propuesto por Garrido (2016)*

Versión del ciclo de modelización		
Objetivo didáctico	Secuencia instruccional para la modelización en el aula de ciencias	
Construir el modelo	1.- Sentir la necesidad de un modelo	1.- Presentar un fenómeno cotidiano y plantear una pregunta guía que requiera de una explicación.
	2.- Expresar / utilizar el modelo inicial (individualmente)	2.- Demandar la expresión explícita del modelo inicial (elaboración de dibujos) o utilizar el modelo inicial implícito (elaboración de hipótesis, primeras explicaciones, ...)
	3.- Evaluar el modelo (analizar el grado de ajuste con la realidad / poner a prueba)	3.- Poner a prueba el modelo: - Facilitando la obtención de pruebas - Profundizando en la explicación del fenómeno.
	4.- Revisar el modelo (sofisticar y mejorar aspectos concretos inadecuados)	4.- Generar y/o aportar nuevos puntos de vista / información teórica: - Facilitando la visión experta (simulación, expresiones sofisticadas del modelo, ...) - Favoreciendo la comparación de ideas equivalentes (discusión entre iguales, ejemplificación de ideas, ...)
	5.- Consensuar el modelo final y apropiarse de el	5.- Facilitar la estructuración de las ideas individuales en un modelo final, consensuar y compartir con los estudiantes el modelo científico escolar.
	6.- Utilizar el modelo para predecir o explicar un nuevo fenómeno	6.- Promover la transferencia para aplicar el modelo a nuevas situaciones o fenómenos.



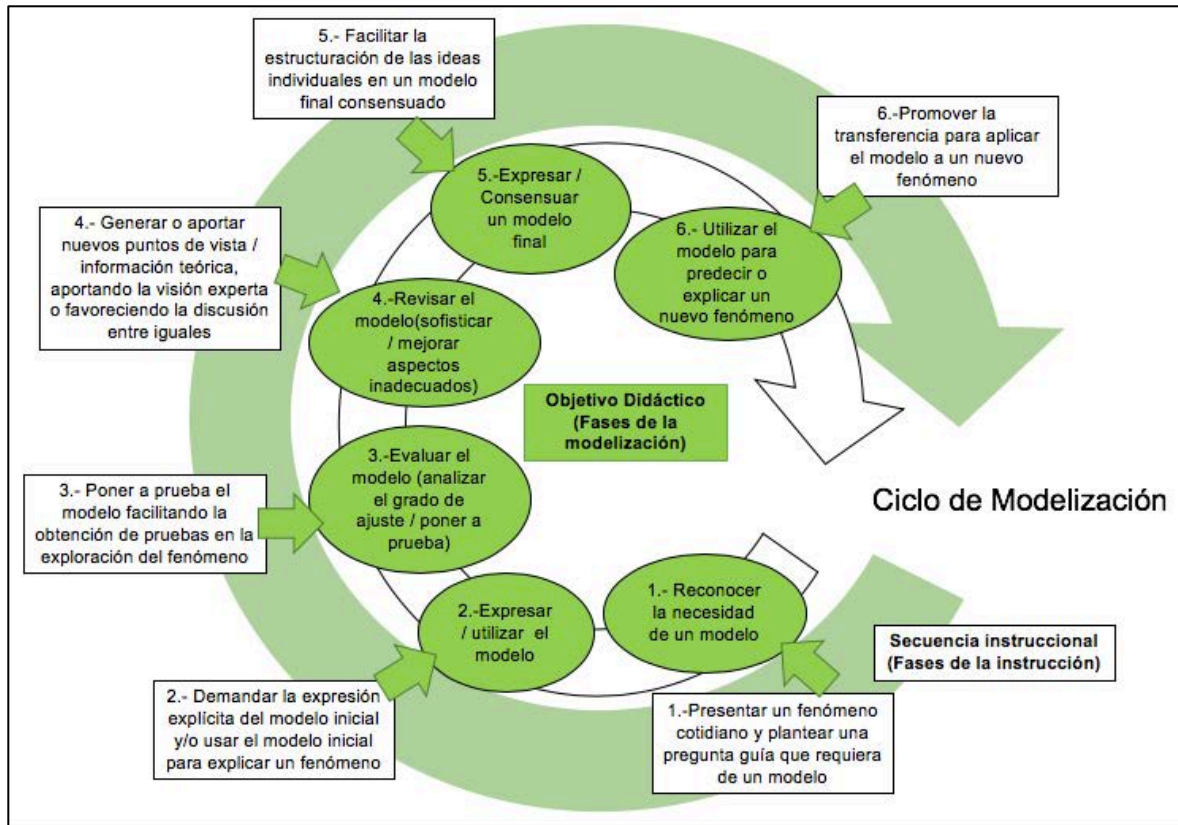


Figura 2. Esquema del ciclo de modelización propuesto por Garrido (2016).

Incluido el objetivo didáctico (en verde, zona interior del círculo) y la secuencia instruccional (en blanco, zona exterior del círculo).

Garrido (2016) nos señala que en este proceso de modelización es clave la selección de los fenómenos paradigmáticos para que estos sugieran o ayuden a los estudiantes a captar las ideas que queremos hacer emerger y así construir las ideas del MCE.

Considerando que esta construcción es cognitiva, social y discursiva, la autora nos propone orientaciones en torno al tipo de preguntas que debemos demandar a nuestros estudiantes para potenciar la construcción del MCE en base a estos elementos. Garrido propone incorporar preguntas de tipo explicativo (¿Por qué ...? ¿Cómo explicarías ...? ¿Cómo puede ser ...?) para promover el uso del modelo mental y preguntas de tipo descriptivo asociadas a la actividad experimental (¿Qué ha pasado? ¿Qué observas? ¿Qué semejanzas y diferencias ...?). Así como preguntas que pidan la expresión explícita del modelo enfocándose en aspectos concretos y no en términos generales, a través de la construcción de dibujos, maquetas, analogías, simulaciones, etc., y otras enfocadas la discusión con sus pares. Es importante enfocar las sesiones para no caer en la memorización y potenciar la construcción del MCE.

Baek et al. (2011) y Schwarz et al. (2009), consideran que la modelización también debe incorporar elementos de carácter “meta” (Meta-Modeling Knowledge, en inglés) para hacer consciente al alumnado y que comprendan cómo se utilizan los modelos, para qué se utilizan y qué fortalezas y limitaciones tienen. Estos elementos permiten realizar una reflexión epistemológica de la ciencia para apreciar cómo funciona la ciencia y la naturaleza del conocimiento científico.

Estamos de acuerdo con los autores en la importancia de incorporar este conocimiento epistemológico en nuestras prácticas de aula. En nuestra investigación, al igual que la de Garrido (2016) esta “meta-reflexión” se ha incorporado en algunos momentos de la implementación de manera poco sistemática y intuitiva (integrada de manera natural en la actividad de aula) considerando que nos hemos centrado en el análisis de la propia práctica de modelización y en la construcción de los MCE.

Para finalizar, es importante señalar que existen otras formas muy consensuadas en la comunidad científica para que los estudiantes aprendan ciencia y sobre la ciencia participando de las prácticas de construcción de conocimiento científico, como por ejemplo, la indagación y la argumentación (Crujeiras y Jiménez-Aleixandre, 2012; Osborne, 2014). Estas no forman parte de este trabajo de investigación como tal, pero que consideramos importante revisar, discutir e integrar a próximos estudios.

2.5. Progresar modelizando diferentes versiones del MCE

Desde la perspectiva de la actividad científica escolar (ACE) se plantea una visión de ciencia como una construcción que realizan los estudiantes análoga a la que realizan los científicos (en un contexto social). A partir de la experiencia van construyendo representaciones mentales (modelos mentales), estableciéndose conexiones entre los MM y los sistemas físicos. Cuánto más complejos son los fenómenos que se quieren interpretar y explicar más necesidad habrá de incorporar un lenguaje científico que permita representarlos y comunicarlos (Marzàbal, 2012).

Por lo que sabemos actualmente de los procesos de aprendizaje de la ciencia (Izquierdo et al. 1999) y lo que hemos hablado en apartados anteriores, la ciencia escolar funciona en base a procesos de modelización similares a los de la ciencia. En ese sentido, los MM de los estudiantes van evolucionando desde formas más sencillas a más elaboradas con el apoyo educativo adecuado, aproximándose cada vez más a los modelos científicos escolares. Si los modelos tienen un grado de ajuste con el mundo, estos se refuerzan, por

el contrario, en caso de desajustes, se pone en duda el modelo y se refina, evolucionando a un nuevo modelo (Justi, 2006; Garrido, 2016; Marzábal, 2012).

Por lo anterior, en el marco de la investigación en didáctica de las ciencias, en paralelo a la apuesta por desarrollar actividades de modelización en la escuela para construir modelos, se plantea la necesidad de la enseñanza de ideas científicas de forma gradual y progresiva a lo largo de la escolaridad. Esta idea es especialmente potente en la modelización, porque la evidencia nos muestra que la enseñanza de ideas o conceptos de forma fragmentada no permite la abstracción de las ideas, reglas del juego y formas de mirar de los modelos científicos escolares (Couso, 2014), por lo que estas ideas deben estar ahí, en una versión sencilla pero potente, desde el inicio. Dicho de otro modo, la enseñanza de los modelos debería pensarse como una auténtica progresión de aprendizaje de los mismos, es decir, como un camino que permita irlos construyendo en aproximaciones sucesivas a lo largo de la escolaridad (Couso, 2014). Este camino corresponde a una secuencia de pasos o estadios intermedios entre las ideas iniciales de los alumnos y los objetivos de aprendizaje que en nuestro caso son los MCE a los que queremos llegar (Garrido, 2016).

Esta noción se recoge en la literatura de las progresiones de aprendizaje, entendidas como trayectorias probables en la evolución de la comprensión de un concepto o idea (Corcoran, Mosher, & Rogat, 2009). Existen progresiones en formato teórico como empírico que han surgido como un apoyo al proceso de enseñanza en ciencias. Duschl et al. (2011) y Prieto, Blanco, & Brevo (2002) consideran que estas progresiones además de darnos a conocer como se desarrolla la comprensión de nuestros estudiantes pueden ser guías para el diseño y la planeación curricular debido a que integran el análisis del contenido disciplinar con los resultados de la investigación educativa.

En su versión curricular o teórica son progresiones hipotéticas, inferenciales o idealizadas que pretenden definir qué camino deberían seguir o por qué pasos intermedios deberían pasar los estudiantes para ir avanzando en nivel de sofisticación respecto a una idea.

Los profesores o diseñadores en general elaboran materiales escolares para las clases de ciencias ordenados por ciertos criterios. Los profesores evalúan su pertinencia en función de sus conocimientos sobre el aprendizaje y del contenido a enseñar, basándose también en sus experiencias o incluso en las sugerencias de los libros de texto. A partir de estos análisis toman decisiones sobre lo que es apropiado para los estudiantes de acuerdo a sus edades o contextos (Prieto et al., 2002). En ese sentido, curricularmente son útiles porque

proporcionan a los docentes un marco de referencia respecto a que versión de cada concepto se debe trabajar con los estudiantes en cada nivel o estadio y conocer como progresan las ideas de sus estudiantes favorecerá el desarrollo de los enfoques de enseñanza.

Existe en la literatura una enorme variedad de usos, formatos y métodos para construir progresiones de aprendizaje. En la enseñanza de modelos, una progresión útil incluye la descripción de las formas de entender, progresivamente más sofisticadas, de un modelo científico escolar. En las progresiones teóricas el límite superior se corresponde con la versión esperada del modelo científico escolar, o modelo objetivo (target model). Por ejemplo, sería explicar un fenómeno energético usando las ideas, reglas del juego y forma de mirar con las ideas del MCE que hemos descrito anteriormente. El límite inferior de la progresión representa la comprensión básica de las ideas del modelo. Entre ambos límites se pueden identificar fronteras conceptuales (Zabel y Gropenhiesser 2011), que al cruzarlas implica para los estudiantes superar un obstáculo conceptual importante y en las que se pueden apoyar para construir una nueva idea con potencialidad de sofisticación. La superación o no de estos obstáculos y los matices en el grado de apropiación de otros aspectos del modelo científico escolar definen estadios, niveles o peldaños intermedios en la progresión (Neumann et al., 2013).

Mediante la acción educativa se espera que los modelos mentales de los estudiantes, que interpretamos de su discurso, producciones y acciones, evolucionen en su grado de sofisticación. Los estadios iniciales e intermedios que se proponen en estas progresiones de aprendizaje están basados en resultados de investigación sobre concepciones de los estudiantes y dificultades de aprendizaje (Salinas, 2009), pero estas progresiones no se han comprobado empíricamente (Garrido, 2016). Algunos autores consideran que es necesario validar estas progresiones empíricamente (Neumann et al., 2013).

“Las progresiones propuestas por algunos currículos oficiales como el "Next Generation Science Standards" de los EEUU (NGSS Lead States, 2013) o el "Victoria Science Continuum" en Australia (ambos basados en el "Project 2061 Atlas of Science Literacy" (AAAS, 2001) son de tipo teórico” (Garrido, 2016, p.48). Couso y Márquez (2016) también proponen un mapa de progreso teórico para el aula en torno a la enseñanza de la luz.

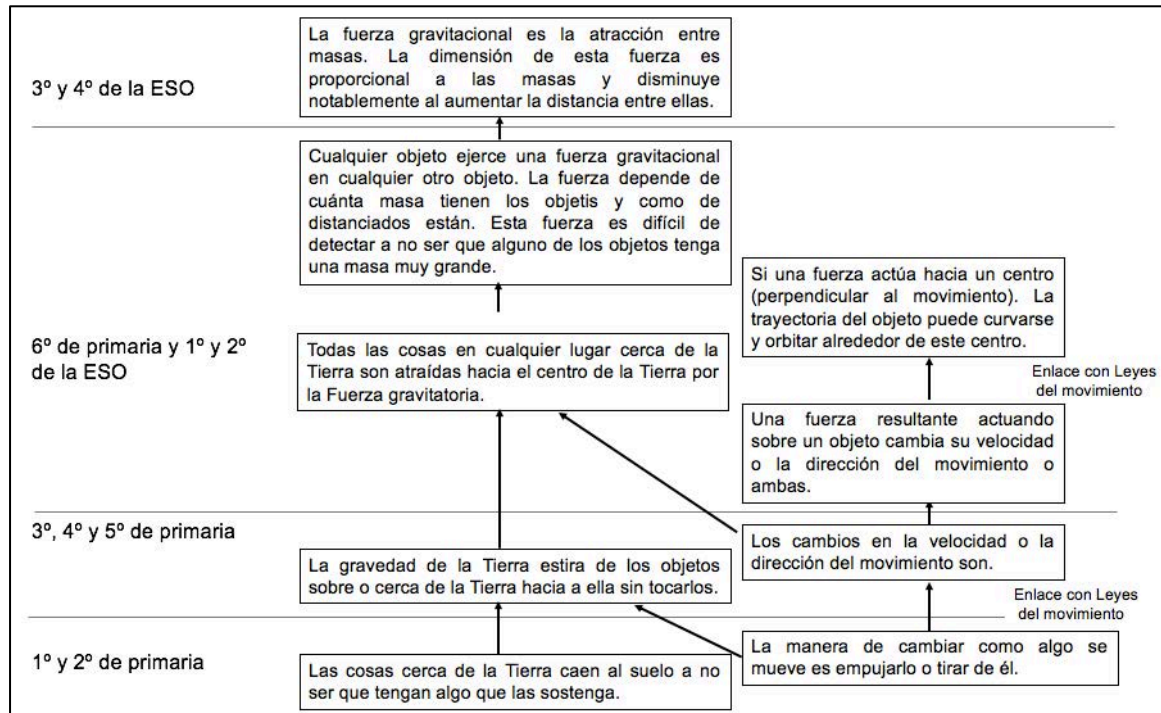


Figura 3. Ejemplo de una progresión de aprendizaje teórico para el modelo de gravitación del Proyecto 2061. Adaptado a la escolaridad del sistema español (Couso y Adúriz-Bravo, 2016).

En algunos currículum no se habla de progresiones de aprendizaje sino que de mapas de progreso, como en el caso del currículum de Chile (aunque estos mapas aún no están completamente definidos). Salinas (2009) nos plantea que en realidad estos dos conceptos no son iguales. El autor señala que las progresiones de aprendizaje responden a la pregunta de cuál es la ruta de aprendizaje que siguen normalmente los estudiantes (son descripciones del aprendizaje tal como se desarrollan típicamente), mientras que los mapas de progreso responden a la pregunta sobre cuál es la ruta de aprendizaje que deben seguir los estudiantes de acuerdo con un plan de estudios importante o estándares (qué aprendizajes se esperan desarrollar entre los estudiantes), es decir, describen a grandes rasgos un camino posible de desarrollo de la comprensión de la ciencia en el transcurso de su escolaridad completa, definiendo habilidades y conocimientos que tendrían que mejorar en el tiempo.

Las progresiones de aprendizaje empíricas describen el camino real que hacen los estudiantes (en términos generales) cuando sofistican sus modelos mentales a lo largo de una instrucción determinada. Estas progresiones a diferencia de las teóricas son a pequeña escala temporal, debido a que pueden ser construidas en base a unas cuantas sesiones, un curso e incluso una unidad didáctica (Garrido, 2016). Estas surgen del análisis de los conocimientos y capacidades que muestran los alumnos a lo largo de una instrucción y en

relación a un ámbito de conocimiento (en nuestro caso en un modelo científico escolar). También se fundamentan en las investigaciones sobre concepciones y dificultades de los alumnos, pero sobre todo se basan en las observaciones de lo que son capaces de hacer y razonar los estudiantes lo largo de la instrucción (Garrido, 2016). Algunos autores como Corcoran et al. (2009) y Duschl et al. (2011) consideran que las progresiones empíricas son progresiones teóricas validadas empíricamente (Corcoran et al., 2009; Duschl et al., 2011). Es importante considerar que para cada estudiante habrán conceptos más fáciles de integrar que otros, por este motivo la progresión que surge desde sus modelos mentales no necesariamente será la misma que la sugerida por la lógica disciplinar (Talanquer, 2013), en ese sentido consideramos que las progresiones empíricas nos pueden acercar más a esta realidad.

La investigación que desarrollamos en esta Tesis Doctoral se inserta en la lógica de las progresiones de aprendizaje empíricas. Pretendemos construir unas progresiones de aprendizaje sobre las distintas ideas claves que conforman el MCE de energía y analizar como los futuros profesores de física y matemática avanzan desde sus modelos mentales a modelos más complejos y cercanos al MCE. Nos hemos basado en la literatura para identificar cuáles serían las ideas claves que conforman nuestro MCE de energía y tuvimos en cuenta en estudio que habíamos realizado anteriormente (Soto, 2013) para identificar cuáles serían los posibles estadios de esta progresión del modelo energético, sin embargo, enfatizamos sobre todo la manera empírica, identificando el número de alumnos que menciona las distintas versiones del MCE y ordenándolas desde las más lejanas a las más cercanas, inspirándonos en el procedimiento de Garrido (2016).

En algunos momentos de esta Tesis podemos hablar de evolución del modelo de energía de los estudiantes haciendo referencia a sus progresiones de aprendizaje desde estadios menos sofisticados del modelo a estadios más sofisticados y cercanos al MCE.

2.6. Secuencias de enseñanza – aprendizaje

Durante décadas (sobre todo durante los años 80) se llevaron a cabo múltiples estudios sobre concepciones de los estudiantes en torno a varios conceptos y fenómenos científicos, poco a poco han ido evolucionando los modelos didácticos con amplias contribuciones sobre el aprendizaje como una actividad constructiva o socio-constructivista. Sin embargo, a pesar de estas contribuciones, las metodologías de enseñanza siguen siendo muy resistentes al cambio y la innovación en los currículos de

ciencias es muy lenta en la mayoría de los países (Hernández, 2012). En muchas ocasiones, la falta formación continúa de los docentes en ejercicio, el poco acceso a los resultados de la investigación educativa o el uso excesivo de los libros de texto como recurso didáctico principal en una clase, contribuyen a que los docentes, sin querer, promuevan la memorización más que el pensamiento crítico de sus estudiantes.

Desde el campo de la didáctica de las ciencias ha estado constantemente presente el interés en realizar contribuciones directas a la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Múltiples proyectos e investigaciones han ido desarrollando diversos tipos de actividades educativas y nuevas propuestas inspiradas en la búsqueda para mejorar la comprensión de los estudiantes en torno al conocimiento científico. En consecuencia, el diseño, la implementación y la evaluación de las secuencias de enseñanza – aprendizaje han sido elementos presentes en una línea importante de investigación desde hace algunos años en el campo (Hernández, 2012).

La elaboración de unidades didácticas o secuencias de enseñanza y aprendizaje, debería ser la competencia fundamental del profesorado de ciencias en ejercicio en todos los niveles educativos (Caamaño, 2013). Por este motivo, consideramos que la participación de los futuros maestros (en cursos iniciales de formación) en la implementación de secuencias de enseñanza y aprendizaje (y sobre todo de modelización como nuestro contexto) puede ser clave para comenzar a conocer el núcleo de lo que será su próximo quehacer docente. Del mismo modo en cursos más avanzados, enseñar a diseñar tendría que ser uno de los ejes centrales de la formación profesional de los nuevos profesores y profesoras (Couso & Adúriz-Bravo, 2016).

Hernández (2012) en su Tesis Doctoral nos comenta que el término secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA a partir de ahora) fue introducido y formalizado por primera vez en un simposio internacional, que tuvo lugar en París en el año 2000, enfocado en el diseño y validación de SEAS desde una perspectiva de investigación. Actualmente este término se utiliza en el campo de la didáctica para denotar a una secuencia de actividades de enseñanza y aprendizaje que intentan potenciar un contenido determinado en base a algunos resultados de investigación.

Esta definición la podemos complementar con la visión de Izquierdo & Adúriz-Bravo (2003) que señalan que la finalidad de estas es abordar y resolver un problema científico a nivel curricular (diseñar y planificar el proceso de enseñanza y aprendizaje). La planificación de

una SEA nos permite identificar qué contenidos concretos queremos abarcar, en qué contexto, con qué objetivos, en qué orden, de qué forma la ejecutamos y cómo evaluamos las actividades que se realizan para enseñar y aprender los contenidos tratados (Merino, Pino, Meyer, Garrido & Gallardo (2014). A partir de ellas se han plasmado, a lo largo de la historia, las diferentes perspectivas respecto a la enseñanza y el aprendizaje que han predominado en distintos momentos y contextos, como por ejemplo: la enseñanza por descubrimiento; la enseñanza basada en conceptos o en procesos; la enseñanza para el cambio conceptual; la enseñanza basada en la indagación o en la resolución de problemas (Caamaño, 2013) o la construcción de MCE (modelización) como es nuestro caso.

Una SEA incluye todos los materiales y recursos que utiliza el docente en el aula (videos, simulaciones, trabajos prácticos, artefactos tecnológicos, analogías, metáforas, maquetas, etc.). De esta manera una SEA es una herramienta docente que nos permite articular el sentido de su diseño (por qué y para qué enseñar ciencias) con su ejecución en el aula (cómo se enseña y realiza en aula) (Merino et al., 2014).

Méheut & Psillos (2004) mencionan dos dimensiones claves a considerar en el diseño de SEAS: la dimensión didáctica y la dimensión epistemológica. La primera dimensión está relacionada con los procesos de enseñanza y aprendizaje, mientras que la segunda se relaciona con las visiones sobre cómo es y cómo se genera el conocimiento científico. En ese sentido, el diseño de las SEAS debe contemplar cuáles serán los contenidos de la ciencia escolar clave, básicos e irrenunciables, en los que debemos centrar la enseñanza de las ciencias, así como transmitir una visión adecuada de las ciencias y la construcción de modelos científicos (Couso & Adúriz-Bravo, 2016).

Por lo tanto, en el diseño de una SEA la noción de MCE adquiere un enorme potencial, porque sugiere a los docentes la forma en la cual enseñar ese contenido: modelizando (expresando, usando-evaluando y revisando los propios modelos) y luego porque al tratarse de una práctica científica clave, la construcción de MCE clave sirve para aprender ciencias y sobre ciencias (enseña aspectos de la naturaleza de la ciencia) (Couso & Adúriz-Bravo, 2016).

Garrido (2016) nos sugiere para la construcción de un MCE en el aula poner atención en los fenómenos paradigmáticos se utilicen para trabajar cada una de las ideas clave de un modelo. Considerando que a partir de esta elección de fenómenos y su secuenciación se pretende que sean los propios estudiantes los que generen nuevas entidades y procesos

adecuados a su nivel de escolaridad y que estos tengan un cierto grado de coherencia con los MCE. En ese sentido, los fenómenos paradigmáticos que escogamos para el diseño de nuestras SEAS deben ayudar a "sugerir" o "captar" las ideas que queremos hacer emerger y no otras, es decir, deben aportar para la construcción del MCE que nos interesa.

Couso & Adúriz-Bravo (2016) también nos plantean que en los diseños de las SEAS es necesario pensar en los MCE clave como una auténtica progresión de aprendizaje de los mismos, es decir, como un camino que permita irlos construyendo a lo largo de la escolaridad (es decir, irlos trabajando cada vez con más profundidad y complejidad). Del mismo modo los autores resaltan la dimensión conceptual declarativa de los contenidos de ciencia (establecer las ideas clave) y la necesidad de que los diseños sean competenciales entregándonos un ejemplo coherente con nuestro MCE de energía *“la enseñanza del modelo de conservación y degradación de la energía (hacer comprender que, aunque la cantidad total de energía se conserva en el universo, se dispone cada vez de menos energía útil para hacer trabajo, dado que la energía se degrada en cada cambio espontáneo) debe incluir, desde la perspectiva de las competencias, una actitud de responsabilidad frente al consumo energético”* (p.273).

Finalizamos señalando que, muchos trabajos publicados discuten los resultados de aprendizaje de los alumnos a partir de diversas SEAS, sin embargo, a menudo no explicitan y aclaran las decisiones y las hipótesis que consideraron a la hora de diseñar la SEA ni el enfoque didáctico de la misma (Hernández, 2012). Es por este motivo queremos resaltar que en nuestro diseño de la SEA hemos potenciado los elementos que destacan Couso & Adúriz-Bravo (2016): la selección de un MCE clave (modelo energético propuesto en las grandes ideas de la ciencias de Harlen (2010)), la explicitación conceptual de las ideas asociadas a este MCE, hemos secuenciado estas ideas en el diseño para evidenciar una progresión de aprendizaje de nuestros estudiantes y hemos planificado momentos de reflexión donde hacer conscientes a los futuros maestros de la forma de instrucción que hemos seguido a lo largo de la SEA.

Por ser estudiantes de segundo año no está entre nuestros objetivos enseñarles a diseñar, sin embargo, esta es la primera aproximación a una forma de concebir la construcción de modelos científicos que han tenido durante su formación, por lo que consideramos que la implementación de nuestra SEA puede ser fundamental en la construcción de un MCE de energía coherente y adecuado para interpretar fenómenos del mundo, así como para

incorporarse en ACE análogas a las de la ciencia y adquirir herramientas para su formación como futuros docentes.

2.7. Los trabajos prácticos en las aulas de ciencia

La educación científica pretende ayudar a los estudiantes a desarrollar una comprensión del mundo natural: que observen lo que contiene, entiendan cómo funciona y puedan explicar y predecir su comportamiento (Millar, Tiberghien, & Le Maréchal, 2002). Así, en la enseñanza de la ciencia se aprovecha el conocimiento cotidiano de los estudiantes sobre su entorno y a través de actividades diseñadas (cuidadosamente para que cumplan con las finalidades de los docentes) los estudiantes observan e interactúan con objetos reales.

A este tipo de actividades que involucran en algún momento a los estudiantes en la observación o manipulación de objetos y materiales reales (y que en muchas ocasiones se ejecutan en los laboratorios), se les denomina trabajos prácticos (Labwork en inglés) (Millar, 2004).

El trabajo práctico o experimental es considerado por muchos docentes e investigadores como el mejor ejemplo de la actividad científica real, existiendo un amplio consenso sobre su destacado papel en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Algunos de los factores que destacan de estos es que sirven para motivar a los estudiantes, afianzar el aprendizaje de conocimientos, aprender técnicas de laboratorio, conocer cómo trabajan los científicos o desarrollar actitudes científicas (Blanco & Garrido, 2011).

En los países con una tradición de trabajo práctico como por ejemplo, Reino Unido, se ve como una actividad atractiva y eficaz para la educación científica porque ayuda a los estudiantes a comprender la ciencia, a apreciar que la ciencia se basa en la evidencia y a adquirir habilidades prácticas que son esenciales en el mundo científico (Abrahams & Millar, 2008). Aunque lo habitual es que en las prácticas de aula estos trabajos se centren en lo manipulativo, ejecutando rutinas mecánicas similares a las recetas de cocina, centrándose en mediciones y cálculos y siguiendo el conocido método científico (Windschitl et al., 2008). Esto puede resultar poco eficaz en el aprendizaje de los estudiantes porque no les permite interpretar los resultados o mediciones que están realizando, en muchos casos estas prácticas no se vinculan a su experiencia cotidiana, solo los limitan a comprobar un contenido teórico y además pueden proporcionar una imagen distorsionada del trabajo científico (Couso, 2014; López-Gay, Jiménez Liso, & Martínez-Chico, 2015).

Couso (2014) identifica dos corrientes con enfoques didácticos basados en la indagación en los que se incluyen los trabajos prácticos como recurso: en la primera prima la transmisión de conocimientos elaborados desde las ciencias y en el segundo se enfatiza el rol del descubrimiento autónomo de los estudiantes (como una especie de científicos que explican fenómenos del mundo a partir de la experimentación en él). La autora critica ambos enfoques y sugiere que esta indagación se realice para modelizar ideas científicas esenciales.

Estamos de acuerdo con la autora considerando que, en el primer enfoque prima un modelo didáctico por descubrimiento (como el que primó en los años 60) en el que investigaciones más o menos guiadas no garantizan el aprendizaje ni la comprensión de las ideas esenciales de la ciencia (Garrido, 2016). Además que nuestra investigación intenta potenciar la construcción de un MCE de energía útil en formación inicial docente con la participación activa de los futuros docentes (y no una transmisión directa de estas ideas del MCE). Mientras que el segundo enfoque no potencia el real objetivo de la ciencia, que es la construcción de unas ciertas ideas o modelos básicos para comprender el mundo. A esto añadimos que Millar (2004) considera que una investigación más abierta puede aportar en desarrollar un conocimiento sobre la investigación científica, sin embargo, no garantiza que este tipo de conocimiento sea necesario para la alfabetización científica, finalidad esencial para la educación científica del siglo XXI.

Millar et al. (2002) señalan que el propósito fundamental de un trabajo práctico es ayudar a los estudiantes a hacer conexiones entre dos dominios: el de los objetos reales (cosas observables del mundo) con el dominio de las ideas más abstractas, considerando que cuando los estudiantes actúan sobre el mundo sus ideas se forman y desarrollan.

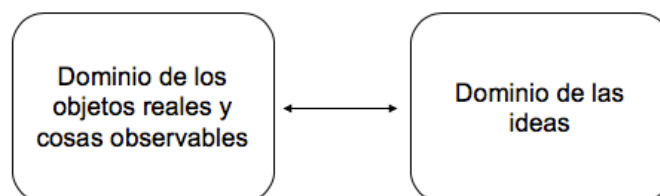


Figura 4. Fundamento de los trabajos prácticos: los estudiantes hacen conexiones entre los dos dominios. Esquema propuesto por Millar et al. (2002).

Estamos de acuerdo que cuando se trata de la enseñanza y comprensión de ideas abstractas, la transmisión simplemente no funciona y en muchas ocasiones la actividad experimental es esencial e incluso insustituible. En un trabajo práctico el estudiante debe

desempeñar un papel activo de "dar sentido" a las experiencias y utilizar el discurso en la clase de ciencias para construir significados, siendo incluso capaz de poder explicar sus aprendizajes a otra persona o aplicarlos a nuevas situaciones. (Millar, 2004).

De este modo, consideramos que si el trabajo experimental o práctico se inserta en contextos de indagación que promuevan la expresión, uso y revisión de sus ideas, estamos seguros que los estudiantes podrán realizar estas conexiones y entender el mundo natural, además de evidenciar interés y entusiasmo en las acciones que realizan (López-Gay et al., 2015). Millar (2004) señala que en varios estudios se han encontrado evidencias de que los estudiantes consideran que los trabajos prácticos son útiles y disfrutables en comparación con otras actividades de enseñanza de las ciencias (Millar, 2004).

Millar (2004) considera que cuando los estudiantes visualizan un fenómeno, en el que detrás de él hay conceptos científicos de alta complejidad, se sienten atraídos por el fenómeno (objetivo del trabajo práctico) y son capaces de vincular una observación con una manera de pensar. Los datos que provienen de un hecho real entregan mucha más información que cualquier otra representación de un fenómeno (videos, fotografías u otros) obteniéndose datos más completos que llaman la atención de los estudiantes considerando que lo están realizando ellos mismos. Cuando el dominio de los objetos reales conecta con el dominio de las ideas los estudiantes pueden ir realizando diferentes representaciones mentales que se pueden consolidar a través de las interacciones con sus pares.

El rol que el autor le da a la interacción social para que los estudiantes modifiquen o refinen sus representaciones mentales nos permite observar que el rol de los trabajos prácticos va más allá que una mera investigación, centrándose también en una "comunicación" de las ideas. En ese sentido Millar (2004) diferencia el laboratorio de investigación y el laboratorio de enseñanza (o aula) y enfatizan que lo esencial es que los estudiantes construyan conocimientos y lleguen a un acuerdo con el conocimiento científico ya aceptado.

Blanco y Garrido (2011) señalan que los trabajos prácticos tienen que apuntar al desarrollo de competencias científicas, en ese sentido es importante que estos contemplen tres aspectos han sido identificados como importantes: la contextualización de la enseñanza en problemas relevantes y de interés para el alumnado; la integración de conocimientos, habilidades y actitudes, y el énfasis en la aplicación de conocimientos y habilidades a nuevos contextos.

Concluimos enfatizando la importancia de que los trabajos prácticos contribuyan en que los estudiantes piensen y no solo que manipulen. Consideramos que la experimentación puede ser clave en un proceso de modelización si contribuye sobre todo a que los estudiantes pongan a prueba sus modelos mentales expresados en fases iniciales de una implementación (tal como realizamos en esta investigación), para posteriormente revisarlos con sus pares e ir explicando cada vez de manera más completa los fenómenos, por lo tanto, acercándose más al MCE.

2.8. Formación inicial de docentes

La formación inicial tiene que plantearse es una importante etapa dentro de lo que es el proceso de formación continua que debería tener un docente a lo largo de su ejercicio profesional. Cuando el profesor en formación comienza su etapa universitaria, lo hace con un set de conocimientos, modelos mentales, valores, creencias, roles, actitudes sobre la ciencia y sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias que son reflejo de muchos años de escolaridad, los cuales no podemos obviar (Mellado, 2003). Por ello, cualquier programa de formación de docentes debe considerar estos conocimientos, valores y creencias de los estudiantes como uno de los puntos de partida de su proceso formativo profesional (Bonil & Márquez, 2011).

Durante la formación inicial, tenemos que orientar a los docentes a comprender los cambios en la educación, en la forma de concebir a la ciencia y su aprendizaje y enseñanza, así como orientarlos a autorregularse para experimentar cambios en ellos mismos, acordes a los cambios de la sociedad. Este es un reto complejo pero completamente necesario considerando que, en general los países suelen plantear cambios curriculares e invertir mucho dinero en capacitar a los docentes en las nuevas líneas de la educación, sin embargo, los resultados revelan que los cambios en las prácticas de aula son mínimos (Sanmartí, 2002). Esto se asocia a sus experiencias como aprendices, que han contribuido a forjar su actual pensamiento docente, en general asociado a una visión de enseñanza y aprendizaje transmisiva (Martínez-Chico, López-Gay, Lucio-Villegas, & Jiménez-Liso, 2014). Lyons (2006) menciona que el modelo transmisivo, los contenidos descontextualizados y la dificultad innecesaria que se agrega a la enseñanza de las ciencias son elementos que se asocian al desinterés que incluso muchos maestros en formación inicial evidencian.

A partir de los modelos transmisivos los estudiantes perciben la ciencia como un cuerpo de conocimiento que debe ser memorizado y reproducido, resultando ser poco motivador aprenderla y no sintiéndose sujetos activos en su aprendizaje. Los contenidos descontextualizados resultan ser para los estudiantes aburridos y no funcionales al estar desvinculados de su vida cotidiana. Incluso los estudiantes pueden llegar a sentir que no comprenden porqué necesitan aprender un determinado contenido. Finalmente, a estos dos elementos se suma la dificultad conceptual de algunos contenidos científicos, en los que muchas veces el profesorado se caracteriza por utilizar una terminología poco familiar y muy especializada (Bonil & Márquez, 2011). La presencia de estos tres elementos en la enseñanza tradicional, en efecto, puede incluso influir en la futura enseñanza de estos maestros con sus estudiantes.

También se observa una distancia entre las propuestas curriculares que surgen de la investigación educativa (que orientan a los docentes sobre el qué y cómo enseñar) y las acciones que se llevan a cabo en el aula, es decir, se enseñan estos marcos desde la teoría y no desde la misma experiencia como aprendices.

Por lo anterior, consideramos que la formación inicial docente debe ofrecer una preparación profesional acorde a las nuevas tendencias educativas que surgen desde de la investigación en el área de la didáctica de las ciencias, apostando por un enfoque de enseñanza explícito que sea reconocible para los propios estudiantes y puedan reflexionar sobre cómo están aprendiendo un contenido científico para el aula (Martínez-Chico et al., 2014) experimentando como alumnos las estrategias que queremos que implementen en un futuro próximo. Más aún considerando que las investigaciones demuestran que un docente tiende a enseñar más como se aprendió en la escuela y en la universidad que aplicando las ideas aprendidas sobre cómo se debería enseñar (Sanmartí, 2001).

Sanmartí (2002) nos plantea que para dar respuesta a las finalidades de la educación científica (alfabetización científica, participación de los estudiantes en prácticas científicas, conocimiento sobre la naturaleza de la ciencia, construcción de modelos científicos escolares, entre otros) el profesorado necesita construir conocimientos que le posibiliten tomar decisiones. Algunos de estos conocimientos son:

1.- Conocimientos sobre la epistemología de la ciencia: es necesario que los maestros sepan identificar las ideas fundamentales que caracterizan a cada disciplina científica (modelos científicos), cómo han evolucionado a lo largo de la historia y las características

propias del trabajo científico (prácticas científicas). Conocer estos elementos puede permitir a los docentes hacer una analogía de esta actividad científica con la actividad científica escolar que deberíamos potenciar en las aulas. La investigación ha identificado que los futuros maestros habitualmente no tienen la experiencia ni el conocimiento conceptual y epistemológico de esta aproximación didáctica para poder incorporarlas en sus futuras a clases (Justi & Gilbert, 2002; Schwarz, 2009; Windschitl et al., 2008), considerando que la mayoría de ellos nunca han aprendido a través de esta metodología (ACE) (Garrido, 2016). Por lo tanto, es evidente la necesidad de orientar a los futuros maestros las prácticas científicas escolares (en concreto en nuestro caso la modelización) y también con los modelos científicos escolares promovidos por aquellas prácticas. Garrido (2016) sugiere construir unos pocos MCE pero que sean claves como por ejemplo, el modelo cambio geológico, tiempo geológico, materia/partícula, cambio químico, movimiento y fuerzas, flotación, ser vivo, modelo energético, entre otros, que les sirvan como ejemplos representativos para reconocer las particularidades del aprendizaje de cada disciplina (geológica, física, biología, química) así como la oportunidad de construir estos modelos participando de la práctica científica de modelización, viviendo en primera persona las metodologías didácticas que propone la ACE.

2.- Conocimientos sobre los modelos teóricos científicos y su relación con la explicación de fenómenos cotidianos. Este punto va muy en relación con el que acabamos de describir y nuevamente nos enfatiza la necesidad de que los futuros maestros tengan conocimientos sobre los modelos científicos que son clave para que los estudiantes puedan interpretar, predecir o explicar los fenómenos del mundo. No se trata de llenar su cabeza de conocimientos descriptivos o de informaciones que se pueden encontrar en Internet o en un libro, sino de que dispongan de los instrumentos teóricos, experimentales y simbólicos que les permitan elaborar explicaciones y analizar críticamente noticias periodísticas, mitos o informaciones de carácter esotérico asociado a las pseudociencias. Esto nos indica la necesidad de una formación que otorgue a los docentes las herramientas y los conocimientos necesarios para replantearse los contenidos o modelos a enseñar, así como la metodología de aula, con la intención que vayan reconociendo el rol de la modelización para su uso en sus futuras clases (Garrido, 2016). Nos interesa, como ya hemos mencionado, que los futuros maestros puedan utilizar y mejorar su razonamiento científico en el contexto de una actividad científica escolar análoga a la actividad científica real (Izquierdo et al., 1999; Garrido, 2016).

Sanmartí (2002) también resalta la necesidad de que estos modelos establezcan interrelaciones entre la biología, la física, la química, la tecnología y la geología. En ese sentido, en esta investigación intentamos relacionar el modelo energético a ciertos procesos biológicos y tecnológicos del diario vivir de los futuros profesores.

3.- Criterios para cuestionar los programas y ejemplos tradicionales que se repiten mecánicamente a lo largo de las generaciones. Sanmartí (2002) señala que los futuros maestros deben tener elementos para decidir qué enseñar y también para descartar los planteamientos rutinarios o que obstaculizan un aprendizaje sobre los MCE claves o que aportan una visión inadecuada de las ciencias. Cuando hablamos de planteamientos rutinarios en general nos referimos a ideas teóricas que se enseñan con la finalidad de responder las preguntas de un examen en vez de problemas que conecten con la realidad cercana de los alumnos.

4.- Conocimientos de procedimientos experimentales: los futuros maestros deben tener herramientas que les permitan utilizar recursos informáticos, para recoger datos experimentales o para simular procesos y modelos, así como la capacidad de utilizar materiales sencillos para representar fenómenos y que sus estudiantes puedan pensar e interpretar. Así como explicamos en el apartado de trabajos prácticos, es necesario que los procedimientos experimentales permitan conectar el mundo de los objetos reales con el mundo de las ideas, para que de este modo estos procedimientos o técnicas no se aprendan ni enseñen como recetas de cocina, sino que con la finalidad de resolver problemas reales y con sentido. Este punto es esencial considerando que la experimentación es muy utilizada en el quehacer científico real, por lo que a través de ella podemos conocer su naturaleza y realizar ACE.

5.- Conocimiento sobre las ideas alternativas y dificultades de los estudiantes en el aprendizaje de los diferentes temas de ciencias. Como ya hemos mencionado, las causas de estas concepciones alternativas son muchas y variadas, como por ejemplo el uso de este concepto en el lenguaje cotidiano, los razonamientos espontáneos de los estudiantes, la formación en nuestros hogares, entre otras. Estas ideas alternativas nos acompañan siempre y son el punto de partida del aprendizaje de los estudiantes, por este motivo los futuros docentes deben tenerlas en cuenta para entender la lógica de los estudiantes y ayudarles a superarlas, debido a que pueden ser verdaderos obstáculos en el proceso de enseñanza y aprendizaje sobre todo en temas con tanta polisemia conceptual como lo es la energía.

6.- Criterios para organizar un programa de curso y seleccionar y secuenciar contenidos y actividades por enseñar. No hay recetas sobre cómo enseñar un contenido, pero sí a partir de las múltiples investigaciones en didáctica de las ciencias, los futuros maestros pueden aprender acerca de cómo aumentar las probabilidades de éxito. Es fundamental que los maestros tengan elementos en cuenta para sus planificaciones como por ejemplo: las características del alumnado, su edad, contexto cultural, sus ideas previas, intereses y actitudes así como también, los recursos de que se disponen en cada escuela y los tiempos disponibles para implementar cada actividad. Este punto es coherente con el apartado anterior de las SEAS, donde planteamos la importancia de que los maestros intenten conectar sus diseños didácticos con la investigación educativa, para tener mayores posibilidades de cumplir con sus objetivos didácticos y potenciar el aprendizaje de sus estudiantes.

7.- Criterios y recursos para organizar y gestionar a un grupo de adolescentes diversos. Tal como comenta Sanmartí (2002) no es nada fácil ganar el interés de los estudiantes. Los maestros deben implementar estrategias para estimularlos a trabajar individual y colectivamente, para ayudarlos a resolver los conflictos y despertar su interés hacia la ciencia. En ese sentido, la ACE pretende a partir de MCE claves motivar a los estudiantes a interpretar y explicar fenómenos de su entorno que sean útiles para su vida cotidiana y la modelización potencia las habilidades cognitivas y sociales de los sujetos, permitiéndoles pensar individualmente y contrastar sus modelos mentales con sus pares, para construir un modelo consensuado que pueda aplicarse para la interpretación de nuevos fenómenos.

8.- Recursos para desarrollar la capacidad de trabajar en equipo con otros profesionales de disciplinas diferentes. Los resultados de una escuela no son consecuencia de la actuación de un profesor aislado, sino de la de todo un equipo. Los futuros maestros deben mostrar liderazgo, proactividad y capacidad de trabajo en equipo. En ese sentido, al hacerlos ser partícipes de prácticas científicas, cognitivas, discursivas y sociales, los estamos orientando al desarrollo de habilidades que les serán útiles en su próximo quehacer docente.

El reto de ser maestro en esta generación como vemos no es nada de sencillo, se requiere de profesionales con una sólida formación teórica y práctica, que conozcan qué deben llegar a aprender sus estudiantes y con qué representaciones, ejemplos o experiencias los pueden motivar a aprender, es decir, se requiere que tengan conocimientos disciplinares y

conocimientos didácticos del contenido. En ese sentido, somos conscientes de que haciendo participar a los futuros maestros una metodologías de aula que consideramos adecuada no es suficiente para que adquieran con toda la profundidad y complejidad estos conocimientos (Garrido, 2016). Sin embargo, consideramos que la participación en estas prácticas es una buena aproximación para incorporar unos primeros conocimientos didácticos, considerando que esperamos que a partir de la experiencia en primera persona podrán ser capaces de llevarlo después al aula con sus estudiantes (Martínez-Chico et al., 2014; Martínez-Chico, 2013).

2.8.1. Conocimiento del Contenido (Subject matter) y conocimiento didáctico del contenido (*Pedagogical Content Knowledge*)

Usamos el término conocimiento del contenido o subject matter (en inglés como fue demoninado por Shulman (1986)) para referirnos a la "materia" de una disciplina, es decir, a la información objetiva, organización de principios o conceptos centrales de un contenido. Un individuo que tiene conocimientos sobre un contenido específico de un área, debería saber acerca de los conceptos relacionados con el contenido, tener la habilidad para identificar, definir y discutir estos conceptos separadamente, así como identificar relaciones entre conceptos en un campo y relaciones con conceptos externos a la disciplina (Grossman, Wilson, & Shulman, 2005).

Los profesores que enseñan ciencias deberían tener un buen dominio de los contenidos que enseñan considerando, tal como señala Mellado (2011) que "nadie puede enseñar lo que no sabe". Sin embargo, a pesar de que este conocimiento es una condición necesaria para todos los docentes por si solo no suficiente. En la mayoría de los casos los conocimientos que adquieren los docentes en sus licenciaturas no difieren según el campo de ocupación al que se dedicarán (industria, empresa, investigación básica o la enseñanza). Así estos conocimientos del contenido de los profesores están relacionados directamente con el contexto y con el propio proceso de enseñanza del contenido (Herrera, 2016).

La falta de conocimiento del contenido puede afectar en el estilo de enseñanza de los profesores, considerando que ante la posibilidad de sentirse inseguros pueden optar por elegir hablar más en vez de solicitar cuestiones o respuestas de los estudiantes, puede afectar en la selección de los contenidos a enseñar priorizando solo aquellos en los que se sientan más seguros, así como pueden afectar en el abuso del uso del libro de texto para

la estructuración de sus instrucciones o en la memorización de la información para su posterior transmisión (Grossman et al., 2005).

Grossman et al. (2005) mencionan que los profesores deben ser conscientes de la centralidad del conocimiento del contenido para la enseñanza y de las consecuencias de una falta de este conocimiento. También mencionan la importancia de que los profesores en formación aprendan acerca de los conceptos centrales y los principios organizativos de un contenido siendo responsables de ir adquiriendo nuevos conocimientos hasta el final de sus carreras e incluso a lo largo de su ejercicio docente. También realzan la importancia de aprender a cómo comunicar ese conocimiento efectivamente a sus estudiantes.

Un mayor conocimiento del contenido debería aportar en clases con menos intervenciones de los docentes pero con preguntas de más nivel cognitivo y con la posibilidad de ir evaluando las intervenciones de los estudiantes. Así como un mayor manejo de contenido debería brindar a los docentes la posibilidad de diagnosticar e intervenir ante las dificultades de aprendizaje de los estudiantes (Herrera, 2016).

Pese a la importancia del conocimiento del contenido este no genera por sí mismo ideas de cómo presentar o enseñar un contenido particular a alumnos específicos, por lo que se requiere de otro tipo de conocimiento fundamental en la formación de docentes, nos referimos al conocimiento didáctico del contenido o Pedagogical Content Knowledge (en inglés como fue denominado por Shulman (1986)).

Tal como señala (Bolívar, 2005) el conocimiento didáctico del contenido es una mezcla entre contenido y didáctica, dado que involucra cómo los profesores comprenden el contenido y cómo lo adaptan didácticamente en algo enseñable para sus estudiantes. Este conocimiento se construye con y sobre el conocimiento del contenido (Bolívar, 2005).

A través del ejercicio docente los profesores van elaborando un cuerpo de conocimientos profesionales sobre la enseñanza que les permite tomar decisiones sobre qué tipo de clase desarrollar, cuánto tiempo emplear en un determinado contenido, qué tópicos enseñar, qué nivel de aprendizaje se exigirá, etc. Por lo tanto, esta perspectiva implica una visión más amplia que la convencional en la que los docentes transmiten conocimiento de contenido a sus estudiantes (Blanco, Mellado, & Ruiz, 1995).

Wilson, Shulman y Richert (1987) consideran siete componentes en los conocimientos de los profesores: conocimiento de la materia, conocimiento didáctico del contenido, conocimiento de otros contenidos, conocimiento del currículo, conocimiento de los

alumnos, conocimiento de los fines educativos, y conocimiento pedagógico general. A la categoría del conocimiento didáctico del contenido Shulman (1986) señala que es un tipo de conocimiento que permite a los docentes utilizar las formas más útiles de representación de las ideas, analogías poderosas, ilustraciones, ejemplos, explicaciones y demostraciones para hacer que la materia sea comprensible para otros. También señala que este conocimiento incluye los tópicos de las concepciones y preconcepciones que tienen los estudiantes de diferentes edades y contextos, considerando que a partir de ellas los docentes pueden conocer lo que facilita o dificulta el aprendizaje de temas específicos.

Wilson et al. (1987) distinguen tres aspectos específicos del conocimiento didáctico del contenido:

- a) Es una forma de conocimiento que poseen los profesores y que distingue su conocimiento del contenido del que poseen los expertos. Es un conocimiento que se elabora de forma personal a través de la práctica de la enseñanza.
- b) Es una parte del conocimiento base para la enseñanza que se adquiere desde la práctica de la enseñanza pero, a diferencia del anterior, trasciende al profesor individual y forma un cuerpo de conocimientos, destrezas y disposiciones que distingue a la enseñanza como una profesión y que puede encontrarse en textos, revistas especializadas etc.
- c) Es una forma de razonamiento y de acción pedagógica con cinco fases que se suceden de una manera cíclica: conocimiento comprensivo, transformación, instrucción, evaluación, reflexión y nuevo conocimiento comprensivo.

El conocimiento didáctico del contenido se va adquiriendo y reformulando a través de los años a partir de la evolución de los conocimientos propios de la enseñanza y la reflexión constante sobre el proceso de enseñanza del contenido específico, en contextos educativos concretos, no es algo innato que lleve implícito un sujeto por el hecho de ser un docente (Mellado, 2011). El autor señala que los profesores expertos a partir de sus conocimientos didácticos pueden reconocer las dificultades en el aprendizaje de sus estudiantes con mayor rapidez y utilizar diversas estrategias para estimular y facilitar el aprendizaje de sus estudiantes. Mientras que los profesores noveles se preocupan más por realizar una clase ordenada más que por buscar evidencias de si realmente los estudiantes están aprendiendo.

Por otra parte, Blanco et al. (1995) consideran que la formación inicial de docentes debe contribuir a que cuando los profesores finalicen su periodo de formación cuenten con un

mínimo bagaje inicial, teórico y práctico, que les permita acceder a la práctica docente sin excesiva dificultad. Lo importante es impedir que adquieran su conocimiento práctico mediante la técnica del ensayo y error, es por esto que es necesario que los futuros profesores analicen y reflexionen a partir de sus conocimientos, creencias y actitudes en relación a la enseñanza - aprendizaje de las ciencias y de su propia práctica de enseñanza de estas materias.

En el desarrollo de esta Tesis doctoral los conocimientos del contenido y los conocimientos pedagógicos del contenido estarán muy presentes. Por una parte, nuestro objetivo es que los futuros profesores evolucionen en sus conocimientos en relación con la energía (aspectos relacionados con los conocimientos del contenido), así como también nos interesa que ellos reflexionen en torno a la metodología que están ejecutando durante la implementación y en qué ideas están aprendiendo (conocimiento didáctico del contenido).

CAPÍTULO 3.

METODOLOGÍA

Introducción a la metodología

Esta investigación pretende contribuir al estudio de la participación de futuros profesores de física y matemática en actividades científicas escolares análogas a prácticas de la comunidad científica, en particular en las relacionadas con las de modelización. Se enmarca en la perspectiva de prácticas científicas (Osborne, 2014), considerando que la formación inicial docente actual no responde a las nuevas necesidades que genera el ejercicio de la profesión (Sanmartí, 2002).

Dentro del campo de la didáctica de las ciencias existe un evidente interés en contribuir a una mejora en la formación inicial docente. Algunas propuestas lo intentan investigando las ideas del profesorado sobre contenidos científicos, la nociones de naturaleza de la ciencia o analizando el cómo enseñar (Carrascosa, Martínez, Furió y Guisasola, 2008). En el caso particular de nuestra investigación hemos dedicado esfuerzos en discutir qué ideas en torno a la energía tratar y presentar una estrategia didáctica para su construcción.

Incorporar prácticas como la modelización en la formación inicial de docentes puede contribuir a que estos adquieran conocimientos en torno a modelos científicos escolares claves en la enseñanza de las ciencias (en este caso un modelo energético), los puedan relacionar con la explicación de fenómenos cotidianos; identificar el rol e importancia del discurso (leer, escribir, discutir ideas y explicaciones) en clases de ciencias, como también el rol de la experimentación para la construcción y revisión de un modelo (Crujeiras & Jiménez-Aleixandre, 2012). La investigación ha demostrado que los profesores tienden a enseñar más como se aprendió en la escuela y en la universidad, que aplicando las ideas aprendidas sobre cómo se debería enseñar (Copello & Sanmartí, 2001), por este motivo, consideramos necesario que los docentes participen en la implementación de SEAS con el enfoque que se espera que implementen posteriormente (Garrido, 2016).

En general, uno de los aspectos claves para un buen proceso de enseñanza es el conocimiento del contenido, que el profesor se sienta seguro en la materia que imparte, para que pueda enfrentarse con los problemas del aprendizaje y la enseñanza de su área (Carrascosa, et al., 2008). Aunque esto por si solo no garantiza una buena enseñanza. También hay que considerar que nuestros profesores en formación tienen en su mente visiones en torno a la enseñanza y el aprendizaje, acompañadas de rutinas bien establecidas, que en ocasiones pueden ser verdaderos obstáculos en su formación, análogo a lo que ocurre con las concepciones alternativas (Copello & Sanmartí, 2001). Una dificultad

constante en la formación de los profesores en la universidad es la poca coherencia que existe entre las propuestas metodológicas que se proponen en los cursos de educación o didáctica y la propia metodología de trabajo con la que se desarrollan.

Por estos motivos compartimos la necesidad de cambiar las estrategias de enseñanza basadas en un modelo didáctico de transmisión-recepción de conocimientos por otras que orienten el aprendizaje como una tarea de indagación, investigación o en nuestro caso con el marco de prácticas científicas (en concreto de modelización), para experimentar por ellos mismos las propuestas didácticas que en las asignaturas de educación intentamos fundamentar (Carrascosa et al., 2008).

Comenzamos esta investigación con el diseño e implementación de una SEA que pretende fomentar la construcción de un MCE de energía en los futuros docentes de física y matemática y posteriormente analizamos la evolución de sus modelos respecto a las ideas que constituyen el MCE energético: naturaleza de la energía, transferencia, conservación y degradación de la energía.

Posteriormente realizamos un análisis en el que identificamos qué actividades de la SEA fueron las más relevantes para generar que un mayor porcentaje de estudiantes experimentara ascensos desde ideas menos sofisticadas del modelo a ideas más sofisticadas y cercanas al MCE.

Luego construimos los niveles de dominio del MCE de los estudiantes en un momento inicial y final para identificar qué ideas del MCE los estudiantes dominan en un comienzo de la SEA y cuáles dominan al finalizar la SEA, así como conocer el tipo de modelo de energía (en cuanto a los aspectos que mencionan del MCE de energía) se infieren de sus producciones en un inicio y término de la SEA.

Posteriormente, analizamos las declaraciones de los estudiantes en una de las preguntas del test de entrada y salida en la que le solicitamos que mencionaran qué aspectos en relación con la energía enseñarían en sus futuras clases. Comparamos las declaraciones del test de entrada y salida identificando qué aspectos mencionados tenían relación con las ideas del MCE de energía. A partir de las declaraciones del test de salida construimos los niveles de dominio del MCE declarado identificando el grado de sofisticación de las ideas que declaran de energía y el tipo de modelo que se evidencia de sus respuestas.

Comparamos los niveles de dominio del MCE en un momento final con los niveles de dominio del MCE declarado para identificar si existe alguna coherencia entre los aspectos relacionados con la energía que consideran relevantes a enseñar en sus próximas clases y las ideas del MCE que han construido con la implementación de la SEA modelizadora.

Finalmente hemos analizado las declaraciones de los futuros profesores en el test de salida respecto a qué actividades consideraron que fueron esenciales para aprender, cuáles les han hecho falta para aprender mejor y sus valoraciones respecto a la modelización. Posteriormente comparamos las actividades que declaran los futuros profesores con las actividades que identificamos que realmente contribuyeron en la evolución de su modelo de energía.

En los siguientes apartados de este capítulo se detallan los procedimientos que hemos realizado para dar respuesta a nuestras preguntas de investigación. En primer lugar presentamos el marco metodológico, a continuación presentamos el contexto de este estudio, la descripción de la SEA y las estrategias de recolección y análisis de datos para cumplir con los objetivos que nos hemos propuesto.

3.1. Marco metodológico para el análisis del modelo de energía de los futuros docentes

Esta investigación surge de un fenómeno social, un contexto educativo en el que la autora de la Tesis era investigadora y docente principal de la asignatura.

Durante la implementación de la secuencia de la SEA se potenciaron múltiples elementos del marco socio-constructivista del aprendizaje, permitiendo que los estudiantes participaran de prácticas de modelización discursivas, cognitivas y socialmente organizadas como propias de una comunidad (Couso, 2009; Garrido, 2016). Hubo momentos de reflexión personal, expresión de sus ideas a través de explicaciones escritas como orales y momentos de discusión grupal que permitían mejorar aspectos de sus explicaciones personales. Todo este contexto se desarrolló de manera natural, en un aula real en la que se generó un clima de confianza para que los estudiantes realizaran intervenciones entre ellos y con el profesor.

Por lo anterior, como docente-investigadora se pudo observar la realidad, identificar los momentos en los que era necesaria una intervención, manejar los tiempos de discusiones o realización de una tarea, observar el comportamiento de los estudiantes e incluso escuchar episodios de debates dentro del aula. En base a esto se decidió realizar una investigación del tipo cualitativa – interpretativa.

Cualitativa porque nos permite entender fenómenos sociales e interpretativa para dar sentido de lo que pasa en contextos donde la realidad es compleja (Garrido, 2016). Es importante señalar, que en algunos momentos recurrimos a herramientas de la metodología cuantitativa, para presentar resultados de algunos datos que surgen de un análisis cualitativo previamente realizado.

Nuestra investigación también tiene una perspectiva transformadora, ya que los resultados incidirán directamente en modificaciones y aportes al contexto investigado.

Según Garrido (2016) tener la posibilidad de ser docente y observadora participante de la investigación puede ser muy beneficioso para conocer a la comunidad de aprendizaje con la que se trabaja, en este caso construir mayor confianza con estudiantes que habían sido parte de otros cursos realizados en años anteriores. Este rol da mayor crédito a las interpretaciones realizadas por el investigador y permite promover una toma de decisiones en beneficio del objetivo didáctico, como, por ejemplo, saber cómo actuar en un momento para promover un desarrollo adecuado de una actividad de modelización.

Por otra parte, Garrido (2016) también nos señala que ser observador participante puede tener limitaciones, sobre todo asociadas a la subjetividad en la interpretación de los datos, como también en el límite en el que se quiere implicar o intervenir la naturalidad del contexto. Al igual que Garrido (2016), se ha priorizado el rol de docente en el momento en el que fue necesario tomar decisiones concretas en momentos improvisados dando énfasis a la importancia de ser profesores responsables en un aula.

3.2. Contexto y participantes

El escenario en el que se lleva a cabo este estudio es en la asignatura “Bases Físicas de los Seres Vivos y su Medio Ambiente” correspondiente al plan de estudios de la carrera Pedagogía en Física y Matemática/Licenciatura en Educación de Física y Matemática, perteneciente a la Facultad de Ciencia y al Departamento de Física de la Universidad de Santiago de Chile.

La Pedagogía en Física y Matemática/Licenciatura en Educación de Física y Matemática, está orientada a formar profesionales de la educación con una sólida formación tanto científica como humanista, con especial énfasis en la formación integral, en didáctica de las ciencias física y matemática, capaces de integrar teoría y práctica y de contextualizar la enseñanza con responsabilidad social, respetando el medio ambiente y trabajando en equipos colaborativamente.

El Plan de estudios de la carrera se ha estructurado sobre la base de una formación integradora y contextualizada de la enseñanza de las ciencias, con un fuerte acento en la formación básica y experimental en física, matemática y educación, considerando la vinculación temprana con el campo laboral, utilizando metodologías activas de aprendizaje. El plan de estudio está conformado por módulos definidos por año:

- I: La Física, la Matemática y la Educación nos ayudan a comprender el Entorno Cercano.
- II: La Física, la Matemática y la Educación nos ayudan a comprender la Tierra y el Universo.
- III: La Física, la Matemática y la Educación nos ayudan a comprender el Mundo Microscópico.
- IV: La Física, la Matemática y la Educación nos ayudan a comprender el Desarrollo de la Humanidad.

La asignatura de Bases Físicas de los Seres Vivos y su Medio Ambiente pertenece al Módulo II. Este segundo Módulo, (segundo año), contempla la aplicación e interrelación de conocimientos para comprender la Tierra y el Universo, como una forma de vincular más estrechamente teoría y práctica y contextualizar la enseñanza. En este segundo módulo anual los estudiantes acceden progresivamente a conocimientos en tópicos de física tales como Física de la Tierra y del Universo. Además, se consideran cursos integradores como: Bases Físicas de los Seres Vivos y su Medio Ambiente.

El curso Bases Físicas de los Seres Vivos y su Medio Ambiente está compuesto por cuatro módulos: energía, contaminación acústica, contaminación ambiental y biofísica, los cuales tienen como objetivo que los estudiantes sean capaces de analizar cómo las leyes de la física pueden ser aplicadas para entender aspectos del comportamiento de los seres vivos.

En concreto, en esta investigación nos centraremos en el módulo de energía, el cual tiene una duración de 4 sesiones de 4 horas pedagógicas.

En la Tabla 9 se presenta el plan de estudios de la carrera y en un aro de color rojo se destaca la asignatura Bases Físicas de los Seres Vivos y su Medio Ambiente, situada en el segundo semestre del segundo año de la carrera.

Tabla 9. Plan de estudios de la Pedagogía en Física y Matemática/Licenciatura en Educación de Física y Matemática

La Física, la Matemática y la Educación vinculadas con	1er Año <i>Entorno cercano</i>		2º Año <i>La Tierra y el Universo</i>		3º Año <i>El Mundo Microscópico</i>		4º Año <i>El Desarrollo de la Humanidad</i>		5º Año	
	Semestre	Primer	Segundo	Primer	Segundo	Primer	Segundo	Primer	Segundo	
Matemática		Matemática de lo cotidiano I	Matemática de lo cotidiano II	Cálculo Superior y Vectorial	Álgebra Lineal y Ecuaciones Diferenciales	Estadística y Probabilidad En Educación	Geometría Euclidiana Métodos Matemáticos de la Física	Álgebra Moderna	Matemática de Frontera	
Física		Física de lo Cotidiano I	Física de lo Cotidiano II Química de lo Cotidiano	Física de la Tierra ¿Cómo funcionan las cosas I? ¿	Física del Universo Bases Físicas de los seres Vivos Y su Medio Ambiente	Termofluidos Electro magnetismo	Mecánica Clásica ¿Cómo funcionan las cosas II?: Electrónica Analógica	Física Moderna y Mecánica Cuántica	Física de Frontera	
Formación Profesional		Formación Profesional I		Formación Profesional II: Gestión de Conflictos	Formación Profesional III Enfoque CTSA Taller Integrado: Semiosis, Interpretación y Didáctica Taller de Práctica Profesional II	Formación Profesional IV: Microsociología del aula Taller Integrado: Didáctica de la Matemática Taller de Práctica Profesional III: Matemática	Formación Profesional V: Indagación y Didáctica Taller Integrado: Indagación y Didáctica de Física Práctica Profesional IV: Física	Formación Profesional VI : Metodología de Investigación	Formación Profesional VII : Currículo, Aprendizaje y Desarrollo Integral Taller Integrado: Evaluación, Diversidad y Didáctica Práctica Profesional V: Profesor Jefe	Práctica Profesional VI
TICE		TICE I		TICE II				TICE III	TICE IV	
Inglés		Inglés I*	Inglés II	Inglés III	Inglés IV					
Total	240 créditos									

Usamos una muestra de conveniencia, la real de estudiantes de segundo año que participan en las sesiones de energía del curso Bases Físicas de los Seres Vivos y su Medio Ambiente.

En concreto los participantes fueron 22 estudiantes de segundo año, quienes plasmaron sus modelos mentales en los dossiers y que al ser analizados nos permitieron identificar la evolución de sus modelos energéticos. Es importante resaltar el formato multimodal de las producciones, considerando que utilizamos algunas escritas como otras en diferente formato (dibujos o esquemas).

3.3. Estrategia de recolección de datos

3.3.1. Descripción del programa original de la asignatura Bases Físicas de los Seres Vivos y su Medio Ambiente y justificación de cambios

Conociendo el contexto de la investigación y los participantes del estudio, es importante conocer las bases que sustentaron al módulo de energía en la asignatura durante los años 2005 al 2014, pues serán claves para comprender los cambios que hemos realizado en la asignatura.

En el programa de la asignatura Bases Físicas de los Seres Vivos y su Medio Ambiente, se declara que el módulo de energía pretende contribuir a que los futuros docentes adquieran las siguientes competencias:

- 1.- Plantear, analizar y resolver problemas físicos relacionados con los seres vivos, mediante la utilización de métodos analíticos y numéricos.
- 2.- Identificar los elementos esenciales de una situación compleja y realizar las aproximaciones necesarias para resolverla cuantitativamente.
- 3.- Estimar órdenes de magnitud de cantidades mensurables para interpretar fenómenos diversos relacionados con la mecánica clásica, específicamente con la energía.
- 4.- Comprender el concepto general de energía y su manifestación en el entorno cercano.
- 5.- Aplicar el conocimiento teórico de la mecánica clásica y sistemas a la comprensión de dispositivos energéticos.
- 6.- Demostrar destrezas experimentales y métodos en la construcción de desarrollo de dispositivos transformadores de energías.
- 7.- Desarrollar soluciones particulares, para problemas sencillos vinculados al área energética.
- 8.- Crear conciencia en torno al problema energético que sufre el planeta.
- 9.- Generar una actitud activa, creadora en torno al problema energético.

En el diseño original se propone una planificación semanal en la que se dan a conocer los contenidos y los objetivos cognitivos, procedimentales y actitudinales que se pretenden lograr semanalmente. Al igual que en nuestro caso, el curso está destinado para cuatro semanas de clases con 4 horas pedagógicas.

La primera semana abordaba los contenidos de energía potencial elástica, cinética y gravitacional, tal como se puede observar en la Tabla 10 con sus respectivos objetivos cognitivos, procedimentales y actitudinales:

Tabla 10. *Planificación de la Unidad I “Energía potencial elástica/ cinética/ gravitacional” de la asignatura Bases Físicas de los Seres Vivos y su Medio Ambiente entre los años 2005 al 2015*

Semana	Competencia N°	Contenidos		
		Cognitivos	Procedimentales	Actitudinales
		<ul style="list-style-type: none"> - Energía - Energía elástica, gravitacional, cinética - Energía electromagnética - Energía térmica - Energía solar, Eólica 		
1	1-2-3-4-5-6-7	<ul style="list-style-type: none"> -Identifica las fuentes de energía potencial elástica, cinética, potencial. - Descubre las formas de acumular energía elástica, gravitacional y cinética - Aplica sus deducciones y descubrimientos a problemas concretos. - Desarrolla dispositivos basados en las energías señaladas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Calcula ordenes de magnitud de energías involucradas en procesos. - Maneja con propiedad distintos transformaciones de energías. - Resuelve problemas definidos de energía: elástica, gravitacional y cinética y distintas formas reconversión entre ellas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demuestra actitud colaborativa en la resolución de situaciones de alta complejidad energética. - Demuestra disposición para participar en clases. - Comparte sus descubrimientos y logros en la búsqueda de material buscado en Internet (WEBQUEST).

La segunda semana abordaba los contenidos de energía eléctrica y magnética, tal como se puede observar en la Tabla 11 con sus respectivos objetivos cognitivos, procedimentales y actitudinales:

Tabla 11. *Planificación de la Unidad II “Energía eléctrica/ magnética” de la asignatura Bases Físicas de los Seres Vivos y su Medio Ambiente entre los años 2005 al 2015*

Semana	Competencia N°	Contenidos		
		Cognitivos	Procedimentales	Actitudinales
		<ul style="list-style-type: none"> - Energía eléctrica /magnética 		
2	1-2-3-4-5-6-7	<ul style="list-style-type: none"> - Identifica las fuentes de energía electromagnética 	<ul style="list-style-type: none"> - Calcula ordenes de magnitud de energías involucradas en procesos electromagnéticos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demuestra actitud colaborativa en la resolución de situaciones de alta complejidad energética.

		<ul style="list-style-type: none"> - Descubre las formas de acumular energía eléctrica magnética. - Aplica sus deducciones y descubrimientos a problemas concretos. - Desarrolla dispositivos basados en las energía electromagnética. 	<ul style="list-style-type: none"> - Maneja con propiedad distintos transformaciones de energías electromagnéticas. - Resuelve problemas definidos de energía: eléctrica, magnética y formas reconversión entre ellas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demuestra disposición para participar en clases. - Comparte sus descubrimientos y logros en la búsqueda de material respecto a energía electromagnética buscado en Internet (WEBQUEST).
--	--	---	--	--

La tercera semana abordaba los contenidos de energía calórica, tal como se puede observar en la Tabla 12 con sus respectivos objetivos cognitivos, procedimentales y actitudinales:

Tabla 12. *Planificación de la Unidad III “Energía calórica” de la asignatura Bases Físicas de los Seres Vivos y su Medio Ambiente entre los años 2005 al 2015*

Semana	Competencia N°	Contenidos - Energía eléctrica /magnética		
		Cognitivos	Procedimentales	Actitudinales
3	1-2-3-4-5-6-7	<ul style="list-style-type: none"> - Identifica las fuentes de energía térmica. - Descubre las formas de acumular energía térmica. - Aplica sus deducciones y descubrimientos a problemas concretos. - Desarrolla dispositivos basados en la energía térmica 	<ul style="list-style-type: none"> - Calcula ordenes de magnitud de energías involucradas en procesos. - Maneja con propiedad distintos transformaciones de energía térmica como cambios de fase etc. - Resuelve problemas definidos de energía: térmica, transferencia de calor, cambios de fase. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demuestra actitud colaborativa en la resolución de situaciones de alta complejidad energética. - Demuestra disposición para participar en clases. - Comparte sus descubrimientos y logros en la búsqueda de material buscado en Internet (WEBQUEST).

Finalmente, la cuarta semana abordaba los contenidos de energía solar y eólica, tal como se puede observar en la Tabla 13 con sus respectivos objetivos cognitivos, procedimentales y actitudinales:

Tabla 13. Planificación de la Unidad IV “Energía solar / eólica” de la asignatura Bases Físicas de los Seres Vivos y su Medio Ambiente entre los años 2005 al 2015

Semana	Competencia N°	Contenidos - Energía eléctrica /magnética		
		Cognitivos	Procedimentales	Actitudinales
3	1-2-3-4-5-6-7-8-9	<ul style="list-style-type: none"> - Identifica las fuentes de energía solar y eólica. - Descubre las formas de acumular energía solar y eólica. - Aplica sus deducciones y descubrimientos a problemas concretos. - Desarrolla dispositivos basados en las energías solar y eólica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Calcula ordenes de magnitud de energías involucradas en procesos solares y eólicos. - Maneja con propiedad distintos transformaciones de energías solar y eólicas. - Resuelve problemas definidos de energías renovables. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demuestra actitud colaborativa en la resolución de situaciones de alta complejidad energética. - Demuestra disposición para participar en clases. - Comparte sus descubrimientos y logros en la búsqueda de material buscado en Internet (WEBQUEST).

La metodología declarada en el programa, para la asignatura completa (no exclusivamente al módulo de energía), señala el uso de clases expositivas con énfasis en la solución de problemas y trabajo de investigación en grupos. Talleres, debates y/o controversias o visitas a laboratorios de medición.

Los contenidos declarados en el programa de la asignatura no se relacionan con el modelo científico escolar que nuestra SEA pretende construir, más aún, se evidencian aspectos contradictorios con nuestro MCE, que coinciden con los presentados en el capítulo de marco teórico (capítulo 2.). Por ejemplo: este programa da evidencia de una enseñanza basada en tipos y transformaciones de energía; potencia una mirada del calor como un tipo de energía (energía calórica) en vez de mecanismo de transferencia de esta y en el está ausente el trabajo como mecanismo de transferencia de energía. La propuesta del programa carece de las ideas de transferencia, conservación y degradación de la energía (incluso nunca son mencionadas en el programa).

Los objetivos cognitivos y procedimentales declarados están centrados en el uso excesivo de aplicaciones cuantitativas, carentes de un análisis cualitativo de los fenómenos. No existen semejanzas con las actividades o situaciones didácticas ni con los objetivos didácticos de nuestra propuesta, como tampoco es explícita su contribución a algunas competencias importantes declaradas como: comprender el concepto general de energía

y su manifestación en el entorno cercano (4); crear conciencia en torno al problema energético que sufre el planeta (8) o generar una actitud activa, creadora en torno al problema energético (9).

Destacamos que dentro de los objetivos actitudinales de la propuesta se declara la colaboración entre los estudiantes para la resolución de problemas, la participación en clases y el compartir sus búsquedas de contenidos con sus pares, sin embargo, el rol de estas tareas podría ser más ambiciosa para que realmente aporte (como nosotros esperamos) a la evolución de los modelos mentales de los estudiantes.

En base a estos antecedentes se decide intervenir el programa de esta asignatura. Por un lado, para que los futuros profesores de física y matemática construyan las principales ideas del MCE de energía: naturaleza de la energía (energía asociada al estado de un sistema), transferencia, conservación y degradación de esta paulatinamente y a partir de su participación en los procesos de expresión, evaluación, revisión, consenso y aplicación de cada idea del modelo (Garrido, 2016).

Por otra parte, para promover la participación de los estudiantes en prácticas científicas como la modelización con la intención de que los futuros docentes vivan en primera persona la experiencia de hacer, pensar y hablar ciencias (Osborne, 2014), como también adquirir experiencia en torno a futuras prácticas que tendrán que ejecutar con sus futuros estudiantes.

Con estas modificaciones, la asignatura pasó de ser una asignatura centrada en el conocimiento conceptual y la resolución de problemas cuantitativos a enfatizar la participación de la alumnado en una actividad científica escolar (Izquierdo-aymerich & Adúriz-bravo, 2003), construyendo a partir de demandas de explicaciones, dibujos o discusiones grupales un modelo más sofisticado de energía y más coherente con el MCE que proponemos.

En la implementación de la antigua asignatura no se realizaban experimentos ni se planteaban situaciones en contexto para acercar a los estudiantes a un fenómeno (a pesar de estar descritos en la metodología). En nuestra propuesta se comienzan a utilizar nuevas metodologías y nuevas actividades en la asignatura, en las que se incluye un fuerte trabajo de interacción entre pares (se promueve la constante discusión, revisión y consenso de ideas), se contextualiza cada dossier semanal con un fenómeno cercano a la vida cotidiana

y coherente con aspectos del antiguo programa (por ejemplo, el tema de las energías renovables), como también inspirados en diseños del proyecto REVIR, del centro de investigación para la educación científica y matemática (CRECIM) de la Universidad Autónoma de Barcelona y se incluyen propuestas experimentales (trabajos prácticos) o simulaciones para que los estudiantes pongan a prueba y revisen sus modelos, utilizando en algunos casos analogías (Oliva-Martínez & Aragón-Méndez, 2009).

La asignatura comenzó a transformarse en base a una revisión de la literatura en el campo de la didáctica de las ciencias, en temas como las dificultades en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la energía; prácticas científicas y modelización, así como formación inicial docente. Junto con el equipo de investigación comenzamos a identificar cuáles serían las ideas del MCE de energía y sus subideas asociadas que queríamos potenciar en la secuencia. Seleccionamos los fenómenos paradigmáticos más adecuados para involucrar a los estudiantes para la construcción los modelos y realizamos una primera propuesta de secuencia de SEA que fue implementada el año 2015.

Se realizó un análisis profundo de 10 estudiantes de la muestra de ese año y en base a esos resultados y las notas de campo realizadas durante el proceso como investigadora, así como a las observaciones detectadas como docente de la asignatura, refinamos el material didáctico, el que nuevamente fue implementado el año 2016.

Desde el programa antiguo de la asignatura, la primera versión de la SEA, hasta la última versión de esta, nos hemos inspirado en las sugerencias de modificaciones didácticas planteadas por Pintó, Hernández y Constantinou (2013) basadas en los estudios de Shulman (1986). Enfatizando en nuestros diseños modificaciones asociadas a los conocimientos científicos (contenidos conceptuales y procedimientos del docente) y a los conocimientos didácticos del contenido (investigación, modelos y contextualización).

Paralelamente, el paradigma que ha inspirado esta parte de la investigación y en concreto el diseño de la SEA que proponemos, es el paradigma de la investigación basada en el diseño (En inglés Design based research) (DBRC, 2003). Considerando que nos ha permitido estudiar el aprendizaje en este contexto y validar el funcionamiento de esta innovación (a partir de las progresiones de aprendizaje de los estudiantes) aportando a la teoría que hay detrás de ella.

Varios de los investigadores que llevan a cabo investigaciones basadas en el diseño considera que la necesidad de este tipo de investigaciones surge, al constatar que las grandes teorías educativas (como el constructivismo, el socio-constructivismo, etc.) son demasiado generales y poco eficaces a la hora de apoyar la toma de decisiones relacionadas con el diseño de innovaciones y con el ajuste o refinamiento de intervenciones que no funcionan en su totalidad (Hernández, 2012).

Es este sentido, consideramos que esta Tesis aporta en el uso de los resultados de la investigación para mejoras curriculares concretas y para acercar este tipo de investigación al profesorado en formación, dándoles a conocer la importancia de someter nuestros diseños didácticos a investigación para garantizar su funcionamiento y no a utilizarlos por mera intuición (Hernández, 2012).

A pesar de que este paradigma nos orienta, no es foco de esta investigación presentar los cambios realizados al material didáctico en cada implementación. En esta Tesis solo nos enfocaremos en presentar los resultados de la implementación realizada el año 2016.

3.3.2. Descripción de la SEA modelizadora

Existen varios enfoques para abordar la enseñanza de la energía en el aula, pero tal como hemos mencionado, no existe una única selección de ideas perfecta que no acarree algunas contradicciones. A pesar de ello, creemos que hay que buscar la manera de hablar de energía con nuestros estudiantes que sea lo máximo de coherente con la ciencia y a la vez lo máximo de útil para ellos. En base a las múltiples discusiones en el campo de la didáctica de las ciencias y considerando puntos de consenso entre autores como Ogborn (1986), Millar (2005), Pintó (1991), Doménech et al. (2003), Pintó et al. (2005), López & Pintó (2012), López-Gay et al. (2015), entre otros y tomando en cuenta aquellas ideas que son consideradas como esenciales para tener una visión energética del mundo, hemos escogido ciertas ideas claves que configuran nuestro MCE de energía.

La SEA está compuesta por cuatro dossiers y una prueba (aplicada al finalizar el curso) y en cada uno de ellos se pretende potenciar distintas ideas del MCE de energía: desde la idea de la energía asociada al estado de un sistema (naturaleza de la energía), la transferencia de energía y sus mecanismos asociados (trabajo y calor), hasta la idea de conservación y degradación de esta. Las ideas, que configuran el MCE de energía, permiten acercarse al modelo científico a medida que los estudiantes las van construyendo progresivamente. Para favorecer ese proceso de construcción de un modelo se utilizó el ciclo de modelización propuesto por Garrido (2016), que fue diseñado bajo la inspiración de otros ciclos propuestos: ciclo GEM (Khan, 2007), secuencia de enseñanza modelizadora (Schwarz et al., 2009), secuencia de enseñanza centrada en la modelización (Baek, Schwarz, Chen, Hokayem, & Zhan, 2011) y estructura de actividades (Hernández et al., 2015).

Los ciclos mencionados poseen varias similitudes en relación a algunas fases o verbos que hacen referencia al objetivo didáctico, pero Garrido (2016) ordenando, relacionando e integrando las diferentes propuestas de secuencias, plantea su versión de secuencia o ciclo de modelización en la que se pueden diferenciar fases (actividad o situación didáctica que se diseña o realiza en el aula con el fin de alcanzar el objetivo didáctico de modelización) y objetivos didácticos (la actividad científica escolar que se quiere promover en los estudiantes).

La importancia del ciclo de modelización propuesto por Garrido (2016) es que nos orienta en el camino que debemos hacer para promover la práctica científica de modelización en el aula, especialmente si queremos construir modelos científicos escolares clave.

Es importante mencionar que cada fase de la secuencia no necesariamente debe realizarse para cada idea del modelo o para todo el modelo, sino que en cada diseño esto puede variar. De hecho, se pueden dar varios subciclos dentro de un gran ciclo, o un ciclo para cada idea del modelo que se quiera trabajar, todo depende del diseñador. Como referencia, generalmente la primera y la última fase (fases 1 y 6) se deberían realizar para todas las ideas del modelo, mientras que las medio (fases 2, 3 y 4) normalmente se realizan para trabajar cada idea del modelo. La fase 5 se puede dar tanto para todas las ideas como para una sola idea del modelo (Garrido, 2016).

La Figura 5 representa las fases de la modelización a lo largo de un ciclo y la flecha de color azul del esquema representa la posibilidad de realizar un subciclo dentro de un gran ciclo, el que generalmente se vuelve a realizar utilizando las fases entre 2 y 5.

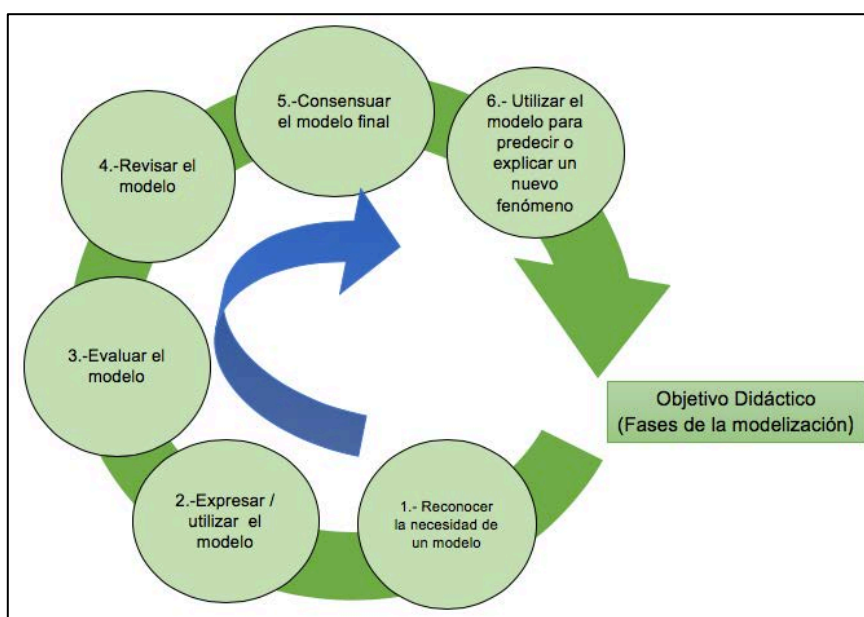


Figura 5. Fases de modelización propuestas por Garrido (2016).

3.3.2.1. Descripción del Dossier 1

El primer dossier está compuesto por tres actividades contextualizadas en torno al funcionamiento de centrales de generación de electricidad (centrándose sobre todo en la

hidroeléctrica), que pretenden favorecer la construcción de las ideas del modelo científico escolar de energía que se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14. *Idea de la naturaleza de la energía del MCE asociado al Dossier 1*

Idea del modelo científico escolar “naturaleza de la energía”	Subideas respecto a la naturaleza de la energía
<p>Idea 1: La energía está asociada a la configuración de un sistema, a su estado. Cuando varía el estado de un sistema varía la energía que le asociamos.</p>	<p>Subidea 1.1 “valor absoluto”: No podemos medir el valor absoluto de la energía. Solo podemos medir las variaciones de energía a partir de los cambios que experimenta un sistema.</p> <p>Subidea 1.2 “aprovechamiento de la energía”: Existen configuraciones más aprovechables que otras para realizar los diferentes cambios, no todas las configuraciones de un sistema permiten realizar un cambio con un mismo dispositivo.</p>

Existe una tercera subidea que se pretende construir con la implementación de este dossier, pero que no está asociada a la idea 1 “naturaleza de la energía”. Esta subidea 2.0 es introducida al finalizar el dossier 1 en una breve actividad, con la intención de introducir la idea 2 “transferencia de energía” que se empieza a construir con un mayor énfasis en los dossiers 2 y 3. La descripción de la subidea 2.0 es la siguiente:

Subidea 2.0 “transferencia entre partes de un sistema”: Cuando hay cambios en el estado de un sistema y cambian las variables que lo definen se está produciendo una transferencia de energía.

Para comenzar a construir un modelo energético coherente con el MCE de energía, consideramos necesario que los estudiantes comenzaran con la idea de naturaleza de la energía. Generamos actividades para que los estudiantes se preguntaran cómo estaba cada cuerpo o sistema antes y después; analizaran qué cambios han producido o realizaran predicciones respecto a qué puede suceder y que no. A partir de esos cuestionamientos, se esperaba que los estudiantes asociaran la energía a la configuración de un sistema y no a una sustancia perteneciente a los cuerpos. Por ejemplo, en la caída de agua del montaje experimental que simula una central hidroeléctrica, se espera que identifiquen que la energía potencial gravitatoria no será la "del agua que cae", sino la asociada al sistema formado por el agua más el planeta Tierra y que a medida que la diferencia de altura es mayor, mejor será el aprovechamiento que podemos dar al agua en movimiento para hacer girar una turbina, a pesar que puedan existir otros estados que


tengan aparentemente una mayor cantidad de energía asociada (como por ejemplo, agua caliente).


Se plantean actividades para hacerlos pensar en términos de cambios, para así poder identificar distintos estados y relacionar que aquellos cálculos de energía que habitualmente se realizan en clases de ciencia, corresponden a variaciones en los estados de un cuerpo o sistema (idea preliminar a la construcción de transferencia de energía).












A lo largo de la implementación los estudiantes explican, evalúan, revisan y llegan a un consenso de estas ideas con sus pares y junto con el profesor, para posteriormente aplicar su modelo de energía para la explicación de nuevos fenómenos.

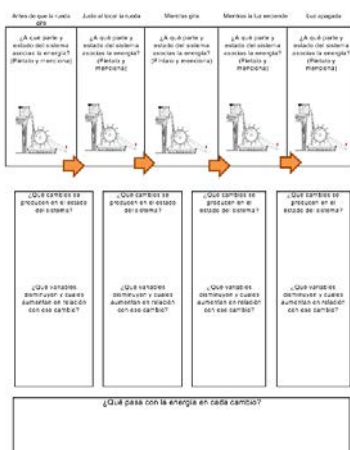
La Tabla 15 nos permite conocer la lógica de diseño utilizada para la construcción del dossier 1. En ella podemos ver el actividades y preguntas diseñadas, con imágenes representativas del dossier o de su implementación; las fases de modelización, objetivos didácticos e ideas del modelo científico escolar que se pretende trabajar con cada actividad.

Tabla 15. Esquema de la secuencia didáctica para construir la idea de naturaleza de la energía

Dossier 1: Naturaleza de la energía	Fase de la secuencia	Objetivo didáctico	Idea del modelo
<p>Introducción: Se plantean unas preguntas generales sobre el funcionamiento de una central hidroeléctrica: “¿Qué características del agua se aprovechan para la generación de electricidad en este tipo de centrales?, ¿afectará a las características que señalaste que una hidroeléctrica esté ubicada en una zona calurosa o más fría de Chile?”</p> <p>Discuten en grupos de 4 personas y luego en un gran grupo. Responden en forma oral y sin ningún tipo de feedback.</p> <div data-bbox="459 1487 932 1774" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">INTRODUCCIÓN</p> <p style="text-align: center;">Históricamente, las plantas hidroeléctricas han sido la mayor fuente de generación de electricidad en Chile.</p>  <p style="text-align: center;">Discute las siguientes preguntas con tus compañeros...</p> <p>1.- ¿Qué características del agua se aprovechan para la generación de electricidad en este tipo de centrales?, ¿afectará a las características que señalaste, que una hidroeléctrica esté ubicada en una zona calurosa o más fría de Chile?</p> </div>	<p>1. Presentar un fenómeno y plantear una pregunta que requiere de una explicación.</p>	<p>1. Sentir la necesidad de un modelo</p>	<p>Idea 1 y sub-idea 1.2</p>

<p style="text-align: center;">DESDE NUESTRA PROPIA EXPERIENCIA...</p> <ul style="list-style-type: none"> El agua es un recurso energético que puede ser utilizado para múltiples fines, uno de ellos es su uso para mover turbinas y generar electricidad, tal como lo hacen las centrales hidroeléctricas. Pero antes de pensar en los usos o aprovechamientos que le podemos dar a este recurso, pensemos en las diferencias que pueden existir en los estados del agua (¿cómo está?, ¿qué características tiene?, ¿dónde está?, etc.) y la cantidad de energía que le podemos asociar a cada uno. Observa las siguientes imágenes:  <p>Actividad 1: Se solicita su expresión inicial del modelo, en base al análisis de imágenes de agua con diferentes configuraciones (a temperatura ambiente, a elevada temperatura, en caída libre y con calorías añadidas). Se les solicita explicar: <i>“Del agua, en las diferentes situaciones ¿Cuál crees que tiene más energía? Ordénalas”, “¿En qué variables piensas para describir el estado del agua en cada imagen?”, “¿Crees que se puede calcular la energía asociada a cada estado del agua?”</i></p> <p>Los estudiantes responden individualmente por escrito en su dossier.</p>	<p>2. Solicitar la expresión explícita de su modelo.</p>	<p>2. Expresar / Utilizar el modelo inicial</p>	<p>Idea 1: La energía está asociada al estado de un sistema. Cuando varía su estado, varía la energía que le asociamos.</p>								
<p>3.- Conociendo algunas variables del estado del sistema en cada imagen, por ejemplo su velocidad, temperatura o altura; nuevamente ordénalas respecto a cuál de ellas es más o menos energética. Calcula la energía en cada caso.</p> <table border="1" data-bbox="304 913 890 1211"> <tr> <td> <p>Imagen 1</p> <p>Masa agua: 1 kg Tª agua: 20°C Masa recipiente: 200 g Cálculo: ¿Te interesa considerar otros datos?, ¿Cuáles?</p> </td> <td>Cálculo</td> </tr> <tr> <td> <p>Imagen 2</p> <p>Masa agua: 1 kg Altura: 2 m Tª agua: 40°C Masa recipiente: 200 g Cálculo: ¿Te interesa considerar otros datos?, ¿Cuáles?</p> </td> <td>Cálculo</td> </tr> <tr> <td> <p>Imagen 3</p> <p>Masa agua: 1 kg Tª agua: 100°C Masa recipiente: 200 g Cálculo: ¿Te interesa considerar otros datos?, ¿Cuáles?</p> </td> <td>Cálculo</td> </tr> <tr> <td> <p>Imagen 4</p> <p>Masa agua: 1 kg Tª agua: 40°C Tª ambiente: 20°C Masa recipiente: 200 g Cálculo: Energía total del sistema ¿Te interesa considerar otros datos?, ¿Cuáles?</p> </td> <td>Cálculo</td> </tr> </table> <p>Actividad 1: En grupos pequeños se les plantea una actividad en la que se les solicita determinar la energía asociada a cada sistema, dando algunos datos como temperaturas, alturas, velocidades, entre otras. Se les solicita explicar personalmente: <i>¿Ese cálculo que has realizado que representa en términos de energía?, ¿Es posible determinar el valor de la energía asociada al agua en un momento determinado?, ¿Por qué?</i></p>	<p>Imagen 1</p> <p>Masa agua: 1 kg Tª agua: 20°C Masa recipiente: 200 g Cálculo: ¿Te interesa considerar otros datos?, ¿Cuáles?</p>	Cálculo	<p>Imagen 2</p> <p>Masa agua: 1 kg Altura: 2 m Tª agua: 40°C Masa recipiente: 200 g Cálculo: ¿Te interesa considerar otros datos?, ¿Cuáles?</p>	Cálculo	<p>Imagen 3</p> <p>Masa agua: 1 kg Tª agua: 100°C Masa recipiente: 200 g Cálculo: ¿Te interesa considerar otros datos?, ¿Cuáles?</p>	Cálculo	<p>Imagen 4</p> <p>Masa agua: 1 kg Tª agua: 40°C Tª ambiente: 20°C Masa recipiente: 200 g Cálculo: Energía total del sistema ¿Te interesa considerar otros datos?, ¿Cuáles?</p>	Cálculo	<p>3. Poner a prueba el modelo</p>	<p>3. Evaluar (analizar el grado de ajuste con la realidad / poner a prueba) el modelo</p>	<p>Subidea 1.1: No podemos medir el valor absoluto de la energía. Solo podemos medir las variaciones de energía a partir de los cambios que experimenta un sistema.</p>
<p>Imagen 1</p> <p>Masa agua: 1 kg Tª agua: 20°C Masa recipiente: 200 g Cálculo: ¿Te interesa considerar otros datos?, ¿Cuáles?</p>	Cálculo										
<p>Imagen 2</p> <p>Masa agua: 1 kg Altura: 2 m Tª agua: 40°C Masa recipiente: 200 g Cálculo: ¿Te interesa considerar otros datos?, ¿Cuáles?</p>	Cálculo										
<p>Imagen 3</p> <p>Masa agua: 1 kg Tª agua: 100°C Masa recipiente: 200 g Cálculo: ¿Te interesa considerar otros datos?, ¿Cuáles?</p>	Cálculo										
<p>Imagen 4</p> <p>Masa agua: 1 kg Tª agua: 40°C Tª ambiente: 20°C Masa recipiente: 200 g Cálculo: Energía total del sistema ¿Te interesa considerar otros datos?, ¿Cuáles?</p>	Cálculo										
<p style="text-align: center;">DISCUTE CON TUS COMPAÑEROS Y REVISAS TUS EXPLICACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> En los cálculos que has hecho anteriormente ¿has considerado estos aspectos? El movimiento de las moléculas del agua La altura a la que se encuentran los cuerpos La cinética del movimiento terrestre La interacción del agua con el entorno y otros sistemas ¿si los consideras puedes calcular la energía del sistema? ¿te sirve para algo conocer ese valor? <p>Actividad 1: En grupos pequeños se les propone utilizar preguntas orientadoras (que hemos planteado para identificar que existen múltiples variables asociadas al estado de un sistema, por lo que es imposible determinar el valor absoluto de la energía, y que los cálculos que han realizado corresponden a cambios en el estado de un sistema).</p>	<p>4. Generar y/o aportar nuevos puntos de vista / información teórica: Fomentando la comparación de ideas entre iguales (discusión).</p>	<p>4. Revisar (mejorar aspectos inadecuados) del modelo</p>									

<p>Después de la actividad 1: en gran grupo realizan consenso de sus explicaciones, representaciones e ideas claves y redactan en forma personal sus conclusiones en torno a la idea de estado del sistema y valor absoluto de la energía.</p> 	<p>5. Facilitar la estructuración de las ideas en un modelo final consensuado.</p>	<p>5. Consensuar un modelo final</p>																	
<p>Actividad 2: Se solicita su expresión inicial del modelo, para la construcción de la subidea de aprovechamiento energético asociada a la idea 1. Se les pide explicar en base a las imágenes de agua con diferentes configuraciones (a temperatura ambiente, a elevada temperatura, en caída libre y con calorías añadidas): <i>¿Qué estado crees que puede ser más aprovechable para generar electricidad?, ¿Qué es lo que aprovechamos del agua para generar electricidad?</i></p> <table border="1" data-bbox="507 645 935 994"> <thead> <tr> <th>Estado del sistema</th> <th>¿Qué estado crees que puede ser más aprovechable para generar electricidad? Enuméralos del más energético (1) al menos energético (6)</th> <th>¿Por qué escogiste este orden?</th> <th>¿Qué es lo que aprovechamos del agua para generar electricidad? ¿Por qué?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>Cayendo desde 1h Cayendo desde 2m</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Estado del sistema	¿Qué estado crees que puede ser más aprovechable para generar electricidad? Enuméralos del más energético (1) al menos energético (6)	¿Por qué escogiste este orden?	¿Qué es lo que aprovechamos del agua para generar electricidad? ¿Por qué?		Cayendo desde 1h Cayendo desde 2m											<p>2. Solicitar la expresión explícita de su modelo.</p>	<p>2. Expresar /Utilizar el modelo inicial</p>	<p>Subidea 1.2: Existen configuraciones más aprovechables que otras para realizar los diferentes cambios, no todas las configuraciones de un sistema permiten realizar un cambio con un mismo mecanismo (dispositivo).</p>
Estado del sistema	¿Qué estado crees que puede ser más aprovechable para generar electricidad? Enuméralos del más energético (1) al menos energético (6)	¿Por qué escogiste este orden?	¿Qué es lo que aprovechamos del agua para generar electricidad? ¿Por qué?																
	Cayendo desde 1h Cayendo desde 2m																		
																			
																			
<p>Actividad 2: Se propone hacer un experimento “dispones de un montaje experimental que te permite simular el funcionamiento de una central hidroeléctrica. Básicamente está compuesto por un embalse al que puedes introducir agua (en diferentes estados) y modificar la altura de éste. La idea es mover una turbina y encender una luz led” y se les pide explicar: <i>“Después de realizar esta experiencia... ¿Qué es lo que aprovechamos del agua para generar energía?, ¿De qué depende que aprovechemos más o menos la energía?”.</i></p> 	<p>3. Poner a prueba el modelo</p>	<p>3. Evaluar (analizar el grado de ajuste con la realidad / poner a prueba) el modelo</p>																	
<p>Actividad 2: En grupos pequeños se les propone analizar el caso de las centrales termoeléctricas, con la intención que identifiquen que los aprovechamientos son distintos y acordes al estado del</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;">DISCUTE CON TUS COMPAÑEROS Y REVISAS TUS EXPLICACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las centrales termoeléctricas también tienen como finalidad la generación de electricidad. Su funcionamiento consiste, básicamente, en elevar la Tº del agua contenida en una caldera, hasta la ebullición. De este modo, el vapor que se genera por el cambio de estado del agua, se desplaza por una tubería moviendo a una turbina conectada a un alternador. En éste se genera un voltaje, que nos permite utilizar los aparatos electrónicos en nuestros hogares. • En esta situación ¿el aprovechamiento que se le da al agua es el mismo que antes?, ¿de qué depende este aprovechamiento? </div>	<p>4. Generar y/o aportar nuevos puntos de vista / información teórica: Fomentando la comparación de ideas</p>	<p>4. Revisar (mejorar aspectos inadecuados) del modelo</p>																	

<p>sistema y del mecanismo físico que se dispone. Discuten y mejoran sus explicaciones, si es necesario.</p>	<p>entre iguales (discusión).</p>		
<p>Después de la actividad 2: en gran grupo realizan consenso de sus explicaciones, representaciones e ideas claves y redactan en forma personal sus conclusiones en torno a la subidea de aprovechamiento energético.</p>	<p>5. Facilitar la estructuración de las ideas en un modelo final consensuado.</p>	<p>5. Consensuar un modelo final</p>	
<p>Actividad 3: Para finalizar, se plantea una actividad introductoria a la idea de transferencia de energía que se trabaja en los dossiers 2 y 3. Se solicita a los estudiantes intentar explicar el camino de la energía asociada al montaje experimental de la central hidroeléctrica desde que el agua está contenida en el estanque hasta que se prende y apaga la luz led. Los estudiantes responden individualmente por escrito en su dossier, sin recibir feedback.</p> 	<p>2. Solicitar la expresión explícita de su modelo.</p>	<p>2. Expresar /Utilizar el modelo inicial</p>	<p>Subidea 2.0: Cuando hay cambios en el estado de un sistema y cambian las variables que lo definen, se está produciendo una transferencia de energía.</p>
<p>Tarea individual (para hacer en casa o luego de finalizar la actividad 3): Se propone un nuevo fenómeno, que se debe interpretar en términos de la idea de estado del sistema y aprovechamiento energético. Esta pregunta fue extraída de una propuesta didáctica planteada por (Carmona, 2006). <i>“Pedro, que era un hombre muy audaz, trasladó, en su casa de campo, la chimenea desde la planta baja hasta el segundo piso, con objeto de obtener mayor energía mediante calor. Pensó que, para una determinada cantidad de madera, la energía que produce debe tener como añadido la energía potencial, a consecuencia de la mayor altura. Sin embargo, cuando Pedro hizo las comprobaciones pertinentes, no observó ningún cambio; obtuvo el mismo calor que cuando la chimenea estaba en la planta baja. ¿A dónde ha ido a parar esa energía potencial suplementaria?”</i> Se pretende que los estudiantes puedan explicar un nuevo fenómeno utilizando la idea construida.</p>	<p>6. Promover la transferencia para aplicar el modelo a nuevas situaciones.</p>	<p>6. Utilizar el modelo para predecir o explicar un nuevo fenómeno</p>	<p>Idea 1 y sub-idea 1.2.</p>

La Figura 6 nos resume el diseño del dossier 1. En ella podemos ver un gran ciclo con las fases 1 y 6 comunes para todo el diseño didáctico. Dentro de este gran ciclo existen 3 mini ciclos en los que se potencian ideas y subideas relacionadas con la naturaleza de la energía del MCE de energía.

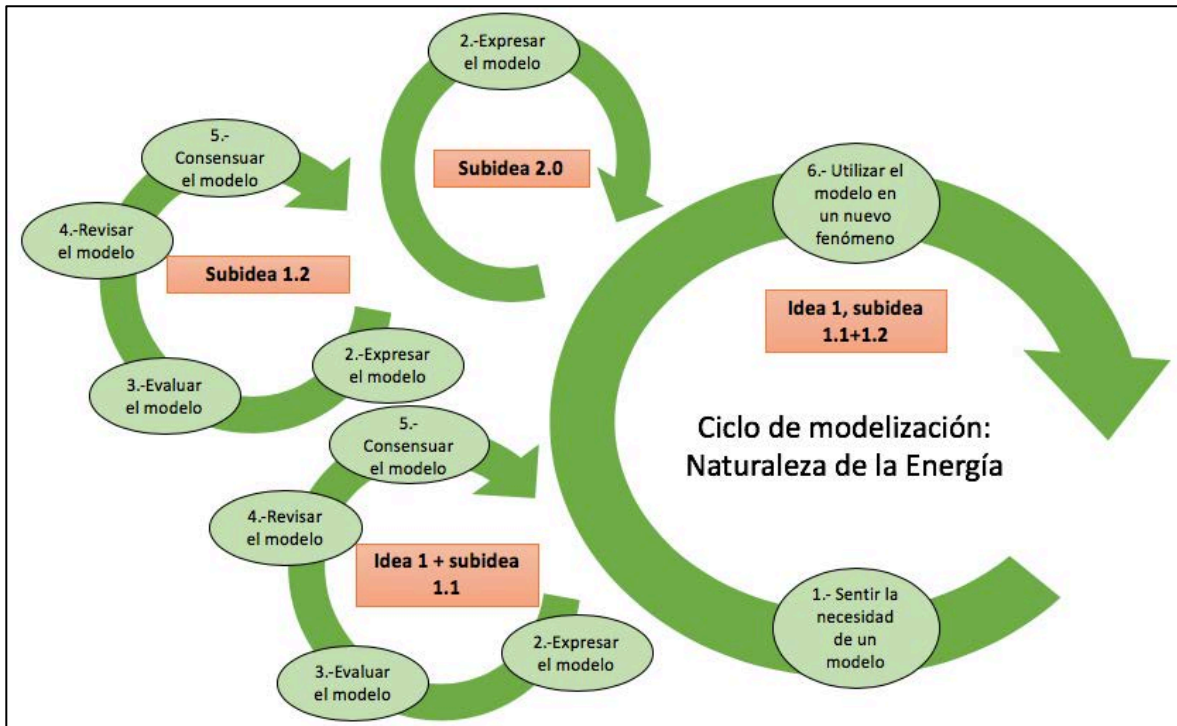


Figura 6. Fases de modelización en relación a construcción de la idea de naturaleza de la energía.

3.3.2.2. Descripción del Dossier 2

El segundo dossier está compuesto por tres actividades contextualizadas en torno a una situación muy cotidiana para todos: el transporte de los alimentos calientes en bolsos térmicos. Se pretende favorecer la construcción de las ideas del modelo científico escolar de energía presentadas en la Tabla 16.

Tabla 16. Idea de transferencia de la energía del MCE asociada al Dossier 2

Idea del modelo científico escolar “transferencia de energía a través de calor”	Subideas respecto a las transferencia de energía a través de calor	
<p>Idea 2: Todo cambio en el estado de un sistema que conlleva un aumento de la energía lleva asociado otro cambio en el estado de otro en el que disminuye la energía (y viceversa), a lo que le llamamos transferencia de energía. Si la interacción es debida a la diferencia de temperatura entre cuerpos decimos que la energía se transfiere por calor.</p>	MACROSCÓPICO	MICROSCÓPICO
	<p>Subidea 2.1: La transferencia de energía a través de calor ocurre desde un cuerpo a mayor temperatura a uno a menor temperatura.</p>	<p>Subidea 2.4: Al transferirse energía a través de calor aumenta el movimiento caótico de las partículas del cuerpo que se calienta, en todas las direcciones y aleatoriamente, aumentando su energía interna, por lo tanto, esta energía asociada a la temperatura de un sistema determinado, es energía cinético-molecular a la cual podemos llamar energía cinética interna.</p>
	<p>Subidea 2.2: La transferencia de energía a través de calor se ve afectada por alguna variables como la temperatura, masa, área y conductividad de los cuerpos en interacción.</p>	
<p>Subidea 2.3: La transferencia de energía a través de calor no es infinita, solo se produce hasta el equilibrio térmico.</p>		

Comenzamos a construir el modelo energético a partir de la idea de naturaleza de la energía con la intención de que los estudiantes identificaran estados o configuraciones de los sistemas o partes del sistema y luego describieran esos estados o configuraciones en diferentes instantes, identificando que cambios habían ocurrido en los estados del sistema. Concluimos el dossier 1 con la subidea 2.0 que introducía la idea 2 “transferencia de energía entre partes del sistema”. La intención fue que los estudiantes asociaran los cambios en los estados del sistema con las transferencias de energía.


En este dossier 2 comenzamos a complementar la construcción inicial de la idea de transferencia de energía identificando que hay algunos cambios asociados a la interacción de cuerpos a diferentes temperaturas que se producen debido a una transferencia de

energía a través de calor. Generamos actividades donde los estudiantes identificaron cambios asociados con aumentos o disminuciones de temperaturas, como también experimentaron para identificar qué variables afectaban a que estos cambios fueran más rápidos, lentos o que generaran mayores o menores variaciones de temperatura. La construcción de esta idea puede permitir que los estudiantes identifiquen que calor no es un tipo de energía o algo que los cuerpos poseen (Doménech et al., 2003).

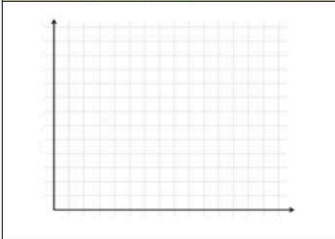
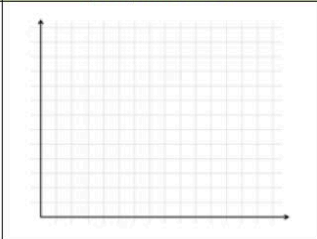
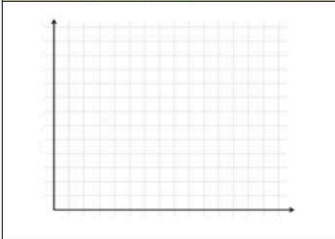
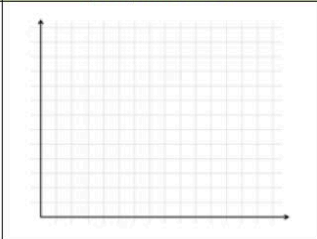
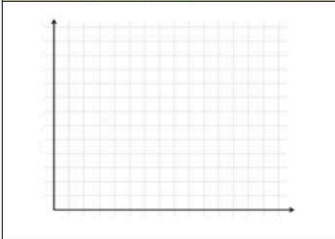
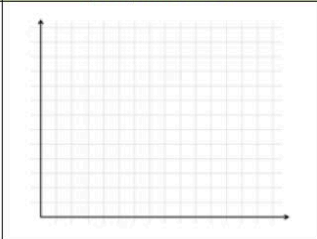
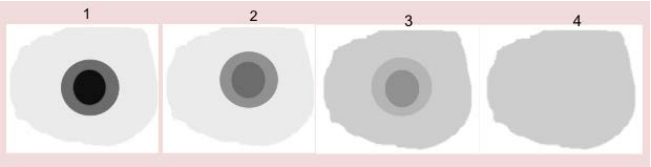
Las subideas ideas asociadas complementan y fortalecen la idea de transferencia de energía a través de calor y permiten que los estudiantes analicen este mecanismo desde un foco macroscópico y microscópico. A través de las actividades propuestas los estudiantes pueden analizar que una transferencia de energía a través de calor provoca un aumento de la energía interna de un sistema, generándose en las partículas un movimiento caótico y aleatorio.

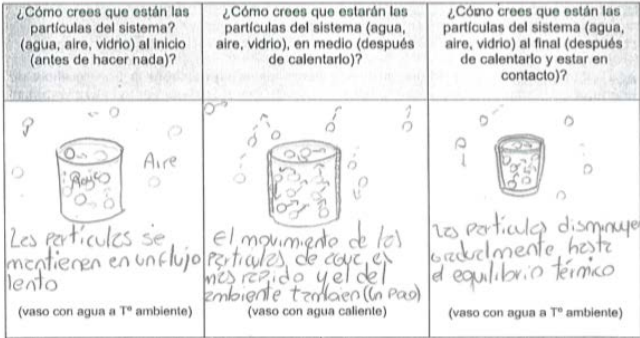
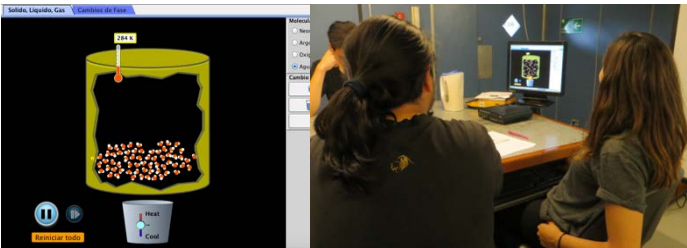
La siguiente tabla nos permite conocer la lógica de diseño utilizada para la construcción del dossier 2. En ella podemos ver el actividades y preguntas diseñadas, con imágenes representativas del dossier o de su implementación; las fases de modelización, objetivos didácticos e ideas del modelo científico escolar que se pretende trabajar con cada actividad.

Tabla 17. Esquema de la secuencia didáctica para la construcción de la idea de transferencia de energía a través de calor

Dossier 2: Transferencia de energía a través de calor	Fase de la secuencia	Objetivo didáctico	Idea del modelo
<p style="text-align: center;">INTRODUCCIÓN</p> <p>Observa las siguientes imágenes y discute la pregunta con tus compañeros, luego pongan en común sus conclusiones con el curso.</p>  <p>1.- ¿Qué tienen en común las siguientes imágenes? ¿Con qué conceptos o ideas científicas las relacionas? ¿Crees que puedes explicar científicamente cómo llegaron al estado en el que se encuentran y cómo quedarán al cabo de un tiempo?</p> <p>Introducción: Se plantean unas preguntas generales en torno a situaciones de la vida cotidiana en la que hay presencia de aumentos o disminuciones de temperatura y se les solicita explicar: <i>¿Qué tienen en común las siguientes imágenes? ¿Con qué conceptos o ideas científicas las relacionas?, ¿Crees que puedes explicar científicamente cómo llegaron al estado en el que se encuentran y cómo quedarán al cabo de un tiempo?</i></p>	<p>1. Presentar un fenómeno y plantear una pregunta que requiere de una explicación.</p>	<p>1. Sentir la necesidad de un modelo</p>	

<p>Discuten en grupos de 4 personas y luego en un gran grupo. Responden en forma oral y sin ningún tipo de feedback.</p>			
<p>Actividad 1: Se solicita su expresión inicial del modelo, en base a una situación más concreta. Se plantea el caso de un estudiante que utiliza un bolso térmico para llevar sus alimentos calientes y fríos a la universidad, sin embargo, al momento de comer se da cuenta que se han enfriado algunos y calentado otros. Se les solicita describir el estado del sistema y explicar qué ha ocurrido para que los alimentos se encontrasen en ese estado final. Los estudiantes responden individualmente por escrito en su dossier.</p>	<p>2. Solicitar la expresión explícita de su modelo.</p>	<p>2. Expresar /Utilizar el modelo inicial</p>	<p>Idea 2: <i>El calor es el mecanismo de transferencia de energía en el que intervienen cuerpos que se encuentran a diferente temperatura.</i></p>
<p>Actividad 1: En grupos pequeños se les plantea una actividad experimental que simula el fenómeno que ocurre en el bolso térmico. A partir de la interacción de cuerpos a diferentes temperaturas, se pretende que identifiquen estos cambios de estado (asociados a cambios de temperatura) con una transferencia de energía a través de calor. Para complementar la construcción de esta idea se plantean 4 montajes distintos (mezclas de agua con masas muy distintas, mezclas con agua a temperaturas muy distintas, mezclas en recipientes de materiales diferentes y un montaje en la que se cambia el tamaño del área de contacto, simulando un cambio de posición de los alimentos dentro del bolso térmico). Para aprovechar el tiempo, dentro del aula dos grupos realizan un mismo montaje para comparar resultados y luego exponen sus observaciones al resto del curso. Se solicita que expliquen “¿Qué relación tienen los cambios de temperatura con la energía? Y ¿cómo afectan las modificaciones a estos cambios?”.</p>	<p>3. Poner a prueba el modelo</p>	<p>3. Evaluar (analizar el grado de ajuste con la realidad / poner a prueba) el modelo</p>	<p>Subidea 2.1: <i>La transferencia de energía a través de calor ocurre desde un cuerpo a mayor temperatura a uno de menor temperatura.</i></p> <p>Subidea 2.2: <i>La transferencia de energía a través de calor se ve afectada por algunas variables como la temperatura, masa, área y conductividad de los cuerpos en interacción.</i></p>
			
<p>Actividad 2: Se solicita su expresión inicial del modelo, para la construcción de la subidea de equilibrio térmico asociada a la idea 2. Se les plantea como contexto la misma situación del bolso térmico, pero en esta ocasión el estudiante sacó su tupper del bolso para almorzar, se</p>	<p>2. Solicitar la expresión explícita de su modelo.</p>	<p>2. Expresar /Utilizar el</p>	<p>Subidea 2.3: <i>La transferencia de energía a través de calor</i></p>

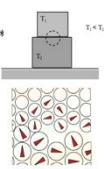
<p>puso a conversar y cuando quiso comer su comida ya estaba fría. Se les solicita explicar “¿qué crees que ha pasado con la temperatura del tupper transcurrido un cierto tiempo?, relaciona tu explicación con el concepto de energía.</p>		<p>modelo inicial</p>	<p><i>no es infinita, solo se produce hasta el equilibrio térmico</i></p>				
<p>Actividad 2: Se propone con anterioridad en base al experimento de la actividad 1, dejar los sensores de temperatura funcionando, para no volver a repetir el experimento y aprovechar los tiempos en aula. Los estudiantes realizan una predicción de la curva que se obtendrá y luego la comparan para poder explicar <i>¿Hasta cuándo se transfiere la energía en las distintas partes del sistema?</i></p> <table border="1" data-bbox="258 636 911 922"> <thead> <tr> <th data-bbox="258 636 593 685"> PREDICCIÓN (individual) ¿Qué esperas que pase? </th> <th data-bbox="593 636 911 685"> OBSERVACIÓN (grupal) ¿Qué pasa realmente? </th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="258 685 593 922">  </td> <td data-bbox="593 685 911 922">  </td> </tr> </tbody> </table>	PREDICCIÓN (individual) ¿Qué esperas que pase?	OBSERVACIÓN (grupal) ¿Qué pasa realmente?			<p>3. Poner a prueba el modelo</p>	<p>3. Evaluar (analizar el grado de ajuste con la realidad / poner a prueba) el modelo</p>	
PREDICCIÓN (individual) ¿Qué esperas que pase?	OBSERVACIÓN (grupal) ¿Qué pasa realmente?						
							
<p>Después de la actividad 1 y 2: En grupos pequeños se les propone imaginar que se ha puesto una cámara con sensor infrarrojo sobre los vasos con agua y la placa de cobre y se les solicita interpretar: <i>¿Por qué una zona tiene una tonalidad más oscura y luego esa tonalidad se va aclarando, como también zonas que eran más claras, luego se vuelven más oscuras? Y ¿Cómo relacionas estos cambios con la energía?</i></p> 	<p>4. Generar y/o aportar nuevos puntos de vista / información teórica: Fomentando la comparación de ideas entre iguales (discusión).</p>	<p>4. Revisar (mejorar aspectos inadecuados) del modelo</p>	<p>Idea 1 y sub-ideas 2.1, 2.2 y 2.3</p>				
<p>Después de la actividad 2: en gran grupo realizan consenso de sus explicaciones, representaciones e ideas claves y redactan en forma personal sus conclusiones en torno a la idea 2 y sus subideas asociadas.</p>	<p>5. Facilitar la estructuración de las ideas en un modelo final consensuado.</p>	<p>5. Consensuar un modelo final</p>					

<p>Actividad 3: Se solicita la expresión inicial de la idea de transferencia de energía a través de calor, a nivel microscópico. Se les solicita volver a pensar en el vaso con agua caliente utilizado en el experimento de la actividad 2 y pensar en el proceso que ocurrió para que llegara a ese estado y en el proceso que ocurrirá al cabo de un tiempo. Se demanda dibujar y explica cómo se imaginan el comportamiento de las partículas de agua y</p>  <p>de las partículas de los materiales que forman los otros sistemas que están en interacción con ella, en una fase inicial (sin calentar), intermedia (mientras se calienta) y final (mientras se enfría). Los estudiantes responden individualmente por escrito en su dossier, sin recibir feedback.</p>	<p>2. Solicitar la expresión explícita de su modelo.</p>	<p>2. Expresar /Utilizar el modelo inicial</p>	<p>Subidea 2.4: <i>Al transferirse energía a través de calor aumenta el movimiento caótico de las partículas del cuerpo que se calienta, en todas las direcciones y aleatoriamente, aumentando su energía interna.</i></p>
<p>Actividad 3: Como no es posible observar el movimiento de las partículas con un experimento, invitamos a los estudiantes a explorar y analizar a través de una simulación del proceso de calentamiento y enfriamiento del agua</p>  <p>(https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/states-of-matter-basics).</p> <p>Se solicitan que expliquen el proceso de transferencia de energía a a través de calor nivel microscópico.</p>	<p>3. Poner a prueba el modelo</p>	<p>3. Evaluar (analizar el grado de ajuste con la realidad / poner a prueba) el modelo</p>	

Después de la actividad 3: En grupos pequeños se les plantea una imagen de dos cuerpos en contacto, a diferentes temperaturas, y una imagen con un zoom de la zona de contacto en la que se puede observar flechas de distintos tamaños y sentidos. En base al análisis de esta imagen se les pide discutir en base a las siguientes preguntas y revisar sus explicaciones: *¿Qué crees que representan las flechas más grandes y las más pequeña?, ¿Qué pasa con las partículas, cómo se mueven?, ¿Qué sucede con la energía interna de un sistema al existir una transferencia de energía a través de calor?, ¿por qué?*

DISCUTE CON TUS COMPAÑEROS Y REVISAS TUS EXPLICACIONES

- En la sesión anterior, hemos hablado de tipos de energía, llegando a la conclusión de que sólo podemos hablar en términos de energías cinética y potencial. La energía cinética la asociamos a la velocidad de un cuerpo o de un sistema, mientras que la potencial la asociamos a su configuración.
- Pero si analizamos los fenómenos desde una mirada microscópica, como lo hemos estado haciendo, podemos darnos cuenta que ambos tipos de energía están presentes en el sistema... por ejemplo cuando pensamos que las partículas que constituyen cualquier material están enlazadas entre ellas o cuando pensamos que éstas vibran constantemente, tal como se intenta representar en la siguiente imagen:

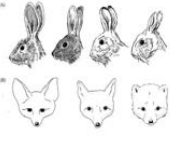


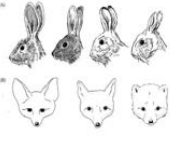


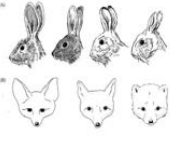




Después de la actividad 3: en gran grupo realizan consenso de sus explicaciones, representaciones e ideas claves. En este caso los estudiantes compartieron en la pizarra su modelo microscópico, analizaron, discutieron y compararon para posteriormente redactar en forma personal sus conclusiones en torno a la subidea 2.3.



4. Generar y/o aportar nuevos puntos de vista / información teórica: Fomentando la comparación de ideas entre iguales (discusión).

4. Revisar (mejorar aspectos inadecuados) del modelo

<p>Tarea individual (para hacer en casa o luego de finalizar la actividad 3):</p> <p>Se propone un nuevo fenómeno, que se debe interpretar en términos de la idea de transferencia de energía a través de calor. Se plantea como contexto la regla de Allen (diferencias morfológicas de los animales según el clima en el que viven) y el análisis de la importancia de la lana, pelo o plumas en la termorregulación de los animales. Se pretende que los estudiantes identifiquen las transferencias de energías y como las variables: área (orejas más grandes o más pequeñas) y aislantes térmicos (lana o plumas) afectan a dicha transferencia.</p> <div data-bbox="272 663 890 958" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; padding: 2px;"> <p>Los conejos de zonas calurosas tienen orejas más largas que los conejos de zonas más frías.</p>  </td> <td style="width: 33%; padding: 2px;"> <p>Hay animales que tienen cubierto su cuerpo con lana o pelo como las ovejas, las alpacas, etc., incluso nosotros usamos chalecos de lana en invierno.</p>  </td> <td style="width: 33%; padding: 2px;"> <p>Las aves cubren su cuerpo de plumas e incluso nosotros utilizamos parkas de pluma en invierno o cobertores en nuestras camas, también rellenos de pluma.</p>  </td> </tr> </table> </div> <p><i>“Explica involucrando tus nociones en torno a la energía ¿Por qué crees que hay animales que tienen las orejas más grandes que otros?; ¿Para qué crees que les sirven las plumas a los pájaros y la lana a las ovejas? y en nuestro caso ¿por qué usamos parkas de plumas o chalecos de lana?”</i></p>	<p>Los conejos de zonas calurosas tienen orejas más largas que los conejos de zonas más frías.</p> 	<p>Hay animales que tienen cubierto su cuerpo con lana o pelo como las ovejas, las alpacas, etc., incluso nosotros usamos chalecos de lana en invierno.</p> 	<p>Las aves cubren su cuerpo de plumas e incluso nosotros utilizamos parkas de pluma en invierno o cobertores en nuestras camas, también rellenos de pluma.</p> 	<p>6. Promover la transferencia para aplicar el modelo a nuevas situaciones.</p>	<p>6. Utilizar el modelo para predecir o explicar un nuevo fenómeno</p>	<p>Idea 2, sub-idea 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4</p>
<p>Los conejos de zonas calurosas tienen orejas más largas que los conejos de zonas más frías.</p> 	<p>Hay animales que tienen cubierto su cuerpo con lana o pelo como las ovejas, las alpacas, etc., incluso nosotros usamos chalecos de lana en invierno.</p> 	<p>Las aves cubren su cuerpo de plumas e incluso nosotros utilizamos parkas de pluma en invierno o cobertores en nuestras camas, también rellenos de pluma.</p> 				

La Figura 7 nos resume el diseño del dossier 2. Podemos ver un gran ciclo con las fases 1 y 6 comunes para todo el diseño didáctico. Dentro de este gran ciclo existen 3 mini ciclos en los que se potencian ideas y subideas relacionadas con la transferencia de la energía del MCE de energía. En este esquema hemos situado algunas etiquetas sobre una fase concreta o entre fases para que se entienda que las ideas o subideas que salen en ellas solo se potenciaron en esa fase o entre esas fases.

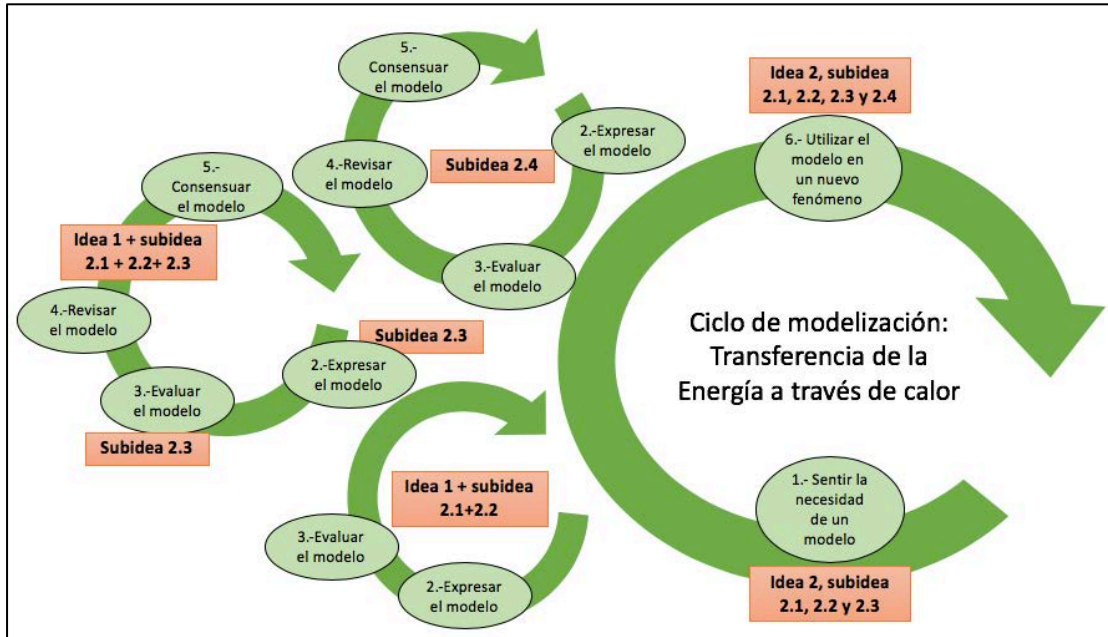


Figura 7. Fases de modelización para la construcción de la idea de transferencia de la energía a través de calor.

3.3.2.3. Descripción del Dossier 3

El tercer dossier está compuesto por cuatro actividades, contextualizadas en torno a una situación muy cotidiana para todos: los choques, en este caso de automóviles. Se pretende favorecer la construcción de las ideas del modelo científico escolar de energía que se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18. Idea de transferencia de la energía del MCE asociado al Dossier 3

Idea del modelo científico escolar "transferencia de energía a través de trabajo"	Subideas respecto a las transferencia de energía a través de trabajo	
	MACROSCÓPICO	MICROSCÓPICO
Idea 2: Todo cambio en el estado de un sistema que conlleva un aumento de la energía lleva asociado otro cambio en el estado de otro en el que disminuye la energía (y viceversa), a lo que le llamamos transferencia de energía. Si la interacción es debida a fuerzas que generan desplazamientos o	Subidea 3.1: La transferencia de energía a través de trabajo, se ve afectada por algunas variables como la masa, materiales de los cuerpos en interacción y las fuerzas involucradas en la interacción.	Subidea 3.3: Al transferirse energía a través de trabajo, existe un movimiento vibratorio aleatorio de las partículas de los cuerpos en interacción pero predomina un movimiento coherente de todas las partículas en una dirección concreta, y por tanto la energía se transfiere sobre todo en ésta dirección.

<p>deformaciones (donde una deformación no es más que un desplazamiento del centro de masas del cuerpo), decimos que se transfiere por trabajo.</p>	<p>Subidea 3.2: Las fuerzas que actúan en la dirección del desplazamiento se relacionan con un trabajo.</p>	<p>Subidea 3.4: Calor y trabajo no son mecanismos de transferencia de energía equivalentes. Toda la energía transferida en forma de trabajo se puede aprovechar para generar nuevos cambios, mientras que no toda la energía transferida en forma de calor se puede aprovechar.</p>
---	--	--

En este dossier se pretende que los estudiantes analicen los choques no como habitualmente realiza en las escuelas, es decir, en términos de la cantidad de movimiento de los cuerpos antes y después de un choque, sino que potenciando la idea de una interacción en la que se transfiere energía y en la que actúan fuerzas que provocan desplazamientos o deformaciones en los sistemas. Como recurso se utiliza un montaje experimental que permite simular choques en los que se observan desplazamientos y deformaciones, analizando también que no todas las fuerzas presentes en una interacción se asocian a una transferencia de energía a través de trabajo y analizando que sucede con la energía en un choque al cambiar variables como la masa de los coches o los materiales que los componen.

Al igual que el dossier 2 donde se potencia el modelo microscópico de calor, en este dossier también se plantea una actividad que permite el análisis del comportamiento de las partículas a nivel microscópico, durante un choque. La intención es que los estudiantes comprendan que existe un movimiento aleatorio de las partículas, pero que al aplicar una fuerza se evidencia un movimiento coherente de éstas en la dirección de la fuerza aplicada.

Nos parece esencial que los estudiantes sean conscientes de que calor y trabajo no son mecanismos de transferencia de energía equivalentes, ya que toda la energía transferida a través de trabajo se puede aprovechar para calentar algo, mientras que no toda la energía transferida a través de calor se puede aprovechar para hacer un trabajo; de este modo pueden aplicar estos conocimientos al análisis del funcionamiento de las grandes empresas generadoras de electricidad y valorar el aprovechamiento que se da a los recursos en cada una de ellas.

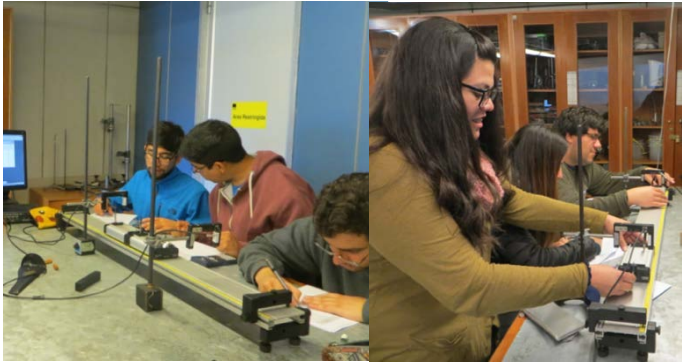
La implementación de los dossiers 2 y 3 permiten construir la idea completa de transferencia de energía del MCE propuesto. Esta idea es esencial para identificar cuáles son los cuerpos o los sistemas que experimentan cambios, cuánta energía se ha transferido a cada uno de los sistemas que intervienen en un cambio y cómo los cambios

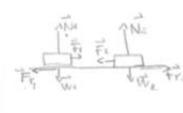
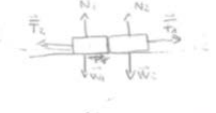
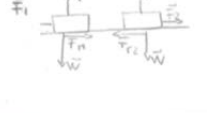

en un sistema conllevan cambios en otros. En otras palabras, se construye la idea de cadena energética y pueden comprender la relación entre energía total transferida y energía útil para transferir a nuevos sistemas, saliendo de la lógica de tipos de energía y sus transformaciones, que pueden dificultar una conceptualización correcta de la energía (López y Pintó, 2012; Soto et al., 2019).



La Tabla 19 nos permite conocer la lógica de diseño utilizada para la construcción del dossier 3. En ella podemos ver el actividades y preguntas diseñadas, con imágenes representativas del dossier o de su implementación; las fases de modelización, objetivos didácticos e ideas del modelo científico escolar que se pretende trabajar con cada actividad.










Tabla 19. *Esquema de la secuencia didáctica para la construcción de la idea de transferencia de energía a través de trabajo*

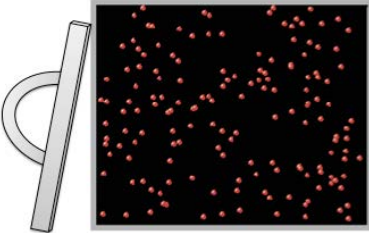

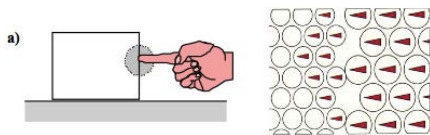
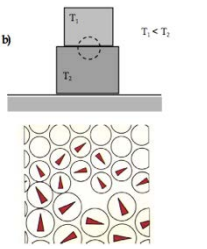
Dossier 3: Transferencia de energía a través de trabajo	Fase de la secuencia	Objetivo didáctico	Idea del modelo
<p>Introducción: Se plantean preguntas generales en torno a situaciones de la vida cotidiana en la que hay presencia de choques que provocan desplazamientos o deformaciones de los cuerpos. Se solicita explicar: <i>¿Qué tienen en común las siguientes imágenes?, ¿Con qué conceptos o ideas científicas las relacionas?, ¿Crees que puedes explicar científicamente cómo llegaron al estado en el que se encuentran y qué magnitudes físicas están asociadas en las diferentes interacciones?</i></p> <p>Discuten en grupos de 4 personas y luego en un gran grupo. Responden en forma oral y sin ningún tipo de feedback.</p>	<p>1. Presentar un fenómeno y plantear una pregunta que requiere de una explicación.</p>	<p>1. Sentir la necesidad de un modelo</p>	<p>Idea 3 y sub-idea 3.1</p>


<p>Actividad 1: Se solicita la expresión inicial del modelo, en base a una situación más concreta. Se plantea el caso de un tenista que golpea una pelota provocando su movimiento y el caso de un choque de automóviles en el que se genera una deformación. En ambas situaciones está la presencia de una fuerza y se generan efectos (desplazamiento o deformaciones) debido a la transferencia de energía a través de trabajo. En base a esta situación se les solicita explicar la relación de estos cambios y las variables asociadas a ellos en términos energéticos. Los estudiantes responden individualmente por escrito en su dossier.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>¿Qué cambios se producen al estado del sistema?</th> <th>¿Qué cambios son los más importantes y se relacionan con estos cambios el estado del sistema?</th> <th>¿Cómo explicamos la presencia de estos cambios y las variables asociadas a ellos energéticamente? ¿Cuál ha pasado con la "energía"?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Colisión de automóviles</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Colisión de la pelota del tenista con la pared</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		¿Qué cambios se producen al estado del sistema?	¿Qué cambios son los más importantes y se relacionan con estos cambios el estado del sistema?	¿Cómo explicamos la presencia de estos cambios y las variables asociadas a ellos energéticamente? ¿Cuál ha pasado con la "energía"?	Colisión de automóviles				Colisión de la pelota del tenista con la pared				<p>2. Solicitar la expresión explícita de su modelo.</p>	<p>2. Expresar /Utilizar el modelo inicial</p>	<p>Idea 3: <i>El trabajo es el mecanismo de transferencia de energía en el que interviene una fuerza que genera un desplazamiento o deformación de un cuerpo (donde una deformación no es más que un desplazamiento o del centro de masas del cuerpo)</i></p>
	¿Qué cambios se producen al estado del sistema?	¿Qué cambios son los más importantes y se relacionan con estos cambios el estado del sistema?	¿Cómo explicamos la presencia de estos cambios y las variables asociadas a ellos energéticamente? ¿Cuál ha pasado con la "energía"?													
Colisión de automóviles																
Colisión de la pelota del tenista con la pared																
<p>Actividad 1: En grupos pequeños se les plantea una actividad experimental para el análisis de las interacciones, utilizando un montaje que simula un choque que genera desplazamiento y otro que genera deformación de los cuerpos. A través de este experimento los estudiantes pueden medir las velocidades de los coches antes y después del choque, determinar variaciones de energía cinética del sistema antes y después de cada choque, observar la deformación de los cuerpos y en base a estas evidencias intentar explicar la relación que tienen este tipo de cambios y las variables fuerza y desplazamiento con la energía.</p>		<p>3. Poner a prueba el modelo</p>	<p>3. Evaluar (analizar el grado de ajuste con la realidad / poner a prueba) el modelo</p>	<p><i>Subidea 3.1: No todas las fuerzas permiten transferir energía a través de trabajo, solo contribuyen aquellas que actúan en la dirección del</i></p>												
<p>Actividad 2: En base a la actividad recién realizada, se solicita la expresión inicial del modelo de los estudiantes para la construcción de la subidea de fuerzas asociadas a la transferencia de energía a través de trabajo. Los estudiantes dibujan el diagrama de cuerpo libre en los momentos antes del choque, durante el choque y posterior a este y luego señalan que fuerzas son las que se asocian a la transferencia de energía a través de trabajo.</p>		<p>2. Solicitar la expresión explícita de su modelo.</p>	<p>2. Expresar /Utilizar el modelo inicial</p>	<p><i>Subidea 3.1: No todas las fuerzas permiten transferir energía a través de trabajo, solo contribuyen aquellas que actúan en la dirección del</i></p>												

<p>Dibuja y menciona que fuerzas están presentes en el sistema antes del choque</p> <p>Fuerza de roce F_R Fuerza normal F_N Fuerza peso \vec{W} Fuerza externa F</p> 	<p>Dibuja y menciona que fuerzas están presentes en el sistema justo en el momento del choque</p> <p>Fuerza de roce Fuerza normal Fuerza peso Fuerza externa</p> 	<p>Dibuja y menciona que fuerzas están presentes en el sistema después del choque</p> <p>"" "" ""</p> 			<p>desplazamiento.</p>
<p>Ejemplo de la producción de un estudiante</p>			<p>4. Generar y/o aportar nuevos puntos de vista / información teórica: Fomentando la comparación de ideas entre iguales (discusión).</p>	<p>4. Revisar (mejorar aspectos inadecuados) del modelo</p>	<p>Idea 3 y sub-idea 3.1</p>
<p>Después de la actividad 1 y 2: En grupos pequeños se les propone pensar en la experiencia realizada, fijándose en los cambios en el estado del sistema generados a partir de una fuerza y se les plantean las siguientes preguntas para discutir, analizar y mejorar sus respuestas: <i>En este proceso:</i> 1.- La energía cinética que has medido ¿es la única energía asociada al sistema?, ¿si existen otras, se asocian a este cambio en el estado del sistema? 2.- ¿Qué efectos generó la fuerza en los dos casos que analizaste? 3.- Dentro de las fuerzas que has identificado, como el peso, la normal, la fuerza de roce, entre otras.. ¿cuáles de ellas se asocian a la transferencia de energía?, ¿con qué cambios del estado del sistema las asociamos?, ¿qué sucede con las otras fuerzas?.</p>			<p>5. Facilitar la estructuración de las ideas en un modelo final consensuado.</p>	<p>5. Consensuar un modelo final</p>	
<p>Después de la actividad 1 y 2: en gran grupo realizan consenso de sus explicaciones, representaciones e ideas claves. En este caso los estudiantes compartieron en la pizarra su modelo de fuerzas, analizaron, discutieron y compararon para posteriormente redactar en forma personal sus conclusiones en torno a la idea 3 y la sub-idea 3.1.</p> 					

<p>Actividad 3: En esta actividad se espera que los estudiantes hayan construido una idea de transferencia de energía a través de trabajo, identificando las fuerzas asociadas a esta transferencia y los cambios en el estado del sistema asociados a ella. Por esta razón, se vuelve a solicitar la expresión inicial del modelo en relación con la transferencia de energía a través de trabajo, en términos de identificar que variables pueden afectar a que esta transferencia sea mayor o menor. Se plantean distintas situaciones: carros que rebotan, que quedan únicos, choque con carros de masas muy distintas y choque de un carro contra el otro afirmado por su mano y se les solicita explicar qué sucede con la transferencia de energía en estos casos, además de predecir si se transferirá toda la energía en el choque (un pequeño acercamiento a la idea 4 de conservación y degradación de la energía del dossier 4).</p> 	<p>2. Solicitar la expresión explícita de su modelo.</p>	<p>2. Expresar /Utilizar el modelo inicial</p>	<p><i>Subidea 3.2:</i> <i>La transferencia de energía a través de trabajo, se ve afectada por algunas variables como la masa, materiales de los cuerpos en interacción y las fuerzas involucradas en la interacción.</i></p>
<p>Actividad 3: En grupos pequeños se les plantea un experimento similar al de la actividad 1. Utilizan un montaje que simula los distintos tipos de choques señalados anteriormente, con la intención de que los estudiantes identifiquen que variables pueden afectar a que esta transferencia a través de trabajo sea mayor o menor.</p> 	<p>3. Poner a prueba el modelo</p>	<p>3. Evaluar (analizar el grado de ajuste con la realidad / poner a prueba) el modelo</p>	<p><i>La transferencia de energía a través de trabajo, se ve afectada por algunas variables como la masa, materiales de los cuerpos en interacción y las fuerzas involucradas en la interacción.</i></p>
<p>Después de la actividad 3: En grupos pequeños se les plantea pensar en los choques que a menudo ocurren en nuestra vida cotidiana y pensar si “¿Será lo mismo que un auto choque con otro auto de tamaño similar a que choque con otro auto más grande?, ¿Por qué?, ¿De qué depende que ante un impacto con la misma magnitud de la fuerza un auto se deforme más o menos?”.</p> <p>Los estudiantes analizan, discuten y si es necesario mejoran sus respuestas.</p>	<p>4. Generar y/o aportar nuevos puntos de vista / información teórica: Fomentando la comparación de ideas entre iguales (discusión).</p>	<p>4. Revisar (mejorar aspectos inadecuados) del modelo</p>	

<p>Después de la actividad 3: en gran grupo realizan consenso de sus explicaciones, representaciones e ideas claves y redactan en forma personal sus conclusiones en torno a subidea 3.2.</p>	<p>5. Facilitar la estructuración de las ideas en un modelo final consensuado.</p>	<p>5. Consensuar un modelo final</p>							
<p>Actividad 4: Se solicita la expresión inicial del modelo en relación con la transferencia de energía a través de trabajo, a nivel microscópico. Se plantea volver a pensar en el montaje de los coches que rebotan y centrarse en el momento justo en el que impactan. Se demanda dibujar y explica cómo se imaginan el comportamiento de las partículas que conforman a los autos y al sistema en interacción en una fase inicial (antes del choque), intermedia (mientras chocan) y final (después del choque).</p> <table border="1" data-bbox="252 817 933 1153"> <thead> <tr> <th data-bbox="252 817 470 907">¿Cómo crees que están las partículas de los autos? (antes del choque)</th> <th data-bbox="470 817 710 907">¿Cómo crees que estarán las partículas del sistema, en medio (cuando chocan)?</th> <th data-bbox="710 817 933 907">¿Cómo crees que están las partículas del sistema (autos unidos)? (Después del choque)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="252 907 470 1153"> <p>Esten en su estado actual, con un movimiento regular y de baja velocidad de movimiento</p>  </td> <td data-bbox="470 907 710 1153"> <p>Las partículas se comprimen y aceleran. Lo que generará un pequeño aumento de temperatura, pero este vez gracias al trabajo.</p>  </td> <td data-bbox="710 907 933 1153"> <p>Wuelven a su estado original, en movimiento de baja velocidad</p>  </td> </tr> </tbody> </table> <p>Ejemplo de la producción de un estudiante.</p>	¿Cómo crees que están las partículas de los autos? (antes del choque)	¿Cómo crees que estarán las partículas del sistema, en medio (cuando chocan)?	¿Cómo crees que están las partículas del sistema (autos unidos)? (Después del choque)	<p>Esten en su estado actual, con un movimiento regular y de baja velocidad de movimiento</p> 	<p>Las partículas se comprimen y aceleran. Lo que generará un pequeño aumento de temperatura, pero este vez gracias al trabajo.</p> 	<p>Wuelven a su estado original, en movimiento de baja velocidad</p> 	<p>2. Solicitar la expresión explícita de su modelo.</p>	<p>2. Expresar /Utilizar el modelo inicial</p>	<p><i>Subidea 3.3: Al transferirse energía a través de trabajo, existe un movimiento vibratorio aleatorio de las partículas de los cuerpos en interacción pero predomina un movimiento coherente de todas las partículas en una dirección concreta, y por tanto la energía se transfiere</i></p>
¿Cómo crees que están las partículas de los autos? (antes del choque)	¿Cómo crees que estarán las partículas del sistema, en medio (cuando chocan)?	¿Cómo crees que están las partículas del sistema (autos unidos)? (Después del choque)							
<p>Esten en su estado actual, con un movimiento regular y de baja velocidad de movimiento</p> 	<p>Las partículas se comprimen y aceleran. Lo que generará un pequeño aumento de temperatura, pero este vez gracias al trabajo.</p> 	<p>Wuelven a su estado original, en movimiento de baja velocidad</p> 							

<p>Actividad 4: Como no es posible observar el movimiento de las partículas con un experimento, invitamos a los estudiantes a explorar y analizar a través de una simulación. Se utilizó un montaje conformado por una cantidad de pequeñas semillas que están sobre una superficie. Se solicita que imaginen que estas semillas simulan las partículas de un cuerpo y que se dispone de una placa deslizante con la intención de moverla y observar como se direccionan las partículas ante la presencia de una fuerza.</p>   <p>Se demanda dibujar y explicar cómo se comportan las partículas ante la presencia de fuerzas y considerando además que el sistema está a T° ambiente. También se les solicita diferenciar a nivel microscópico los mecanismos de trabajo y calor y intentar identificar si son mecanismos equivalentes.</p>	<p>3. Poner a prueba el modelo</p>	<p>sobre todo en ésta dirección.</p> <p><i>Subidea 3.4: Calor y trabajo no son mecanismos de transferencia de energía equivalentes. Toda la energía transferida en forma de trabajo se puede aprovechar para generar nuevos cambios, mientras que no toda la energía transferida en forma de calor se puede aprovechar.</i></p>
<p>Después de la actividad 4: En grupos pequeños se les plantean dos imágenes: una de dos cuerpos en contacto a diferentes temperaturas y otra imagen con dos cuerpos en interacción debido a la presencia de una fuerza. Ambas imágenes cuentan con un zoom de la zona de contacto en la que se puede observar flechas de distintos tamaños y sentidos. En base al análisis de esta imagen se les pide discutir en base a las siguientes preguntas y revisar sus explicaciones:</p> <p><i>¿Qué representarán las flechas de mayor y menor tamaño en cada imagen?, ¿Por qué hay diferencias en la orientación de las flechas, comparando ambas imágenes?, ¿qué representan?, ¿De qué forma de está transfiriendo la energía en cada caso?, ¿qué está sucediendo a nivel microscópico?.</i></p>  	<p>4. Generar y/o aportar nuevos puntos de vista / información teórica: Fomentando la comparación de ideas entre iguales (discusión).</p>	<p>4. Revisar (mejorar aspectos inadecuados) del modelo</p>

<p>Después de la actividad 3: en gran grupo realizan consenso de sus explicaciones, representaciones e ideas claves y redactan en forma personal sus conclusiones en torno a subidea 3.3 y 3.4.</p>		<p>5. Facilitar la estructuración de las ideas en un modelo final consensuado.</p>	<p>5. Consensuar un modelo final</p>	
<p>Tarea individual (para hacer en casa o luego de finalizar la actividad 3): Se propone un nuevo fenómeno, que se debe interpretar en términos de la idea de transferencia de energía a través de trabajo. Se plantea como contexto cómo ha cambiado la fabricación de los materiales antiguos en relación a los modernos.</p> <p>También se solicita que describan el camino de la energía en una central hidroeléctrica y termoeléctrica, utilizando el modelo de energía construido hasta este momento.</p>		<p>6. Promover la transferencia para aplicar el modelo a nuevas situaciones.</p>	<p>6. Utilizar el modelo para predecir o explicar un nuevo fenómeno</p>	<p>Idea 3, sub-idea 3.1-3.2-3.3</p>

La Figura 8 nos resume el diseño del dossier 3. Podemos ver un gran ciclo con las fases 1 y 6 comunes para todo el diseño didáctico. Dentro de este gran ciclo existen 4 mini ciclos en los que se potencian ideas y subideas relacionadas con la transferencia de la energía del MCE de energía. En este esquema hemos situado algunas etiquetas sobre una fase concreta o entre fases para que se entienda que las ideas o subideas que salen en ellas solo se potenciaron en esa fase o entre esas fases.

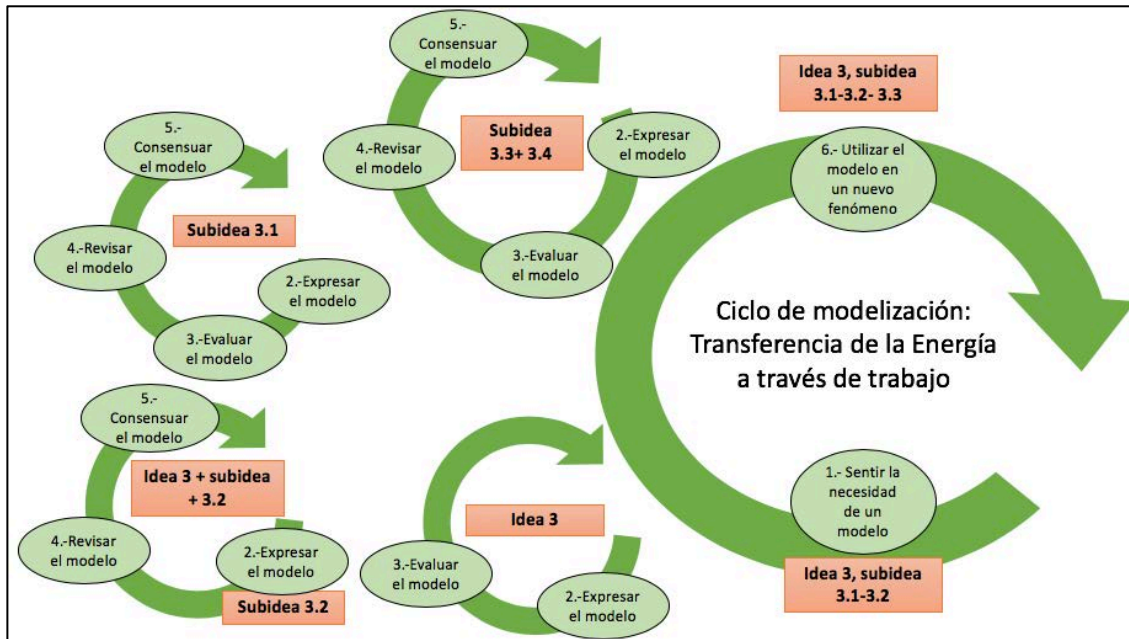


Figura 8. Fases de modelización para la construcción de la idea de transferencia de la energía a través de trabajo.

3.3.2.4. Descripción del Dossier 4

El cuarto dossier está compuesto por dos actividades, contextualizadas en torno al fenómeno de disipación de la energía por rozamiento en el disco de frenos de un automóvil. El diseño de este dossier fue realizado en base al diseño “disipación de la energía por rozamiento” del proyecto REVIR (López, Couso, & Pintó, 2016), del centro de Investigación para para la Educación Científica y Matemática (CRECIM), de la Universidad Autónoma de Barcelona y refinado en base a las evidencias encontradas en el trabajo de fin de master realizado (Soto, 2013). En este dossier se pretende favorecer la construcción de las ideas del modelo científico escolar de energía que se presentan en la Tabla 20.

Tabla 20. Ideas de conservación y degradación de la energía del MCE asociadas al Dossier 4

Idea del modelo científico escolar “conservación de la energía”	Idea del modelo científico escolar “degradación de la energía”
<p>Idea 4: “Conservación de la energía”: La energía se conserva en los sistemas aislados y en los no aislados no se conserva la energía útil. La energía que “gana” o “pierde” un sistema siempre corresponde a la pérdida o ganancia de energía de otro sistema o del entorno.</p>	<p>Idea 5: “Degradación de la energía”: La energía se degrada a medida que un sistema va perdiendo la capacidad para generar nuevos cambios. Cuando la energía se degrada, la utilidad de ésta disminuye y la energía disponible es de menor calidad.</p>

La idea de conservación de energía, en general, es una idea que se declara sin ser realmente comprendida (Ogborn, 1986), ya que en prácticamente todas las situaciones en nuestra vida cotidiana vemos cómo la energía se disipa (Soto et al., 2019). Sin embargo, podemos acercar a nuestros estudiantes a la comprensión de esta idea identificando que en sistemas que no son aislados, la energía disipada por un sistema la gana otro sistema o el entorno, de modo que si pudiésemos sumar todas esas energías transferidas entre los sistemas su valor sería el mismo. Pero que, a pesar de que se conserve a lo largo de un proceso, inevitablemente se irá reduciendo la capacidad que tiene cada sistema para producir nuevos cambios, de modo que cada vez la energía será menos útil y estará más degradada.

En este dossier se potencian actividades donde los estudiantes discuten en torno al fenómeno intentando cuantificar cuánta energía hay en cada momento (se les pide que sitúen etiquetas en diferentes partes del sistema, a partir de una cantidad inicial asociada), para que identifiquen que la energía está cada vez más repartida en las diferentes partes que componen el sistema, pero que si suman todos los valores de las etiquetas, la cantidad se tiene que conservar. Así se potencia la idea de conservación en cantidad.

Para construir la idea de degradación en términos de calidad y utilidad, se plantean preguntas para que los estudiantes analicen de qué otras maneras podríamos aprovechar la energía en cada etapa de esta cadena de cambios. Esta actividad, lleva a los estudiantes a concluir que el aprovechamiento de energía no es siempre el mismo, que la gama de nuevos cambios posibles se reduce en cada paso (son menos útiles y pierden calidad) y que en las transferencias de energía a través de calor, la energía es después difícilmente aprovechable para hacer un nuevo trabajo.

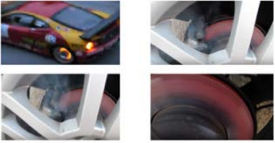












La relevancia de esta idea es que puede hacernos pensar en frases que habitualmente escuchamos como *consumo de energía* o *crisis energética*, entendiendo que la energía no desaparece, sino que el estado o configuración de un sistema se homogeneiza, de modo que la energía deja de ser útil (Doménech et al., 2003; López y Pintó, 2012). También permite conectar con otros conocimientos de la física como la termodinámica introduciendo la relación de la degradación de la energía con la tendencia a la uniformidad, es decir, conectando con el concepto de entropía.

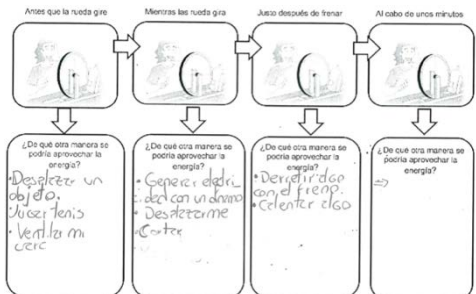
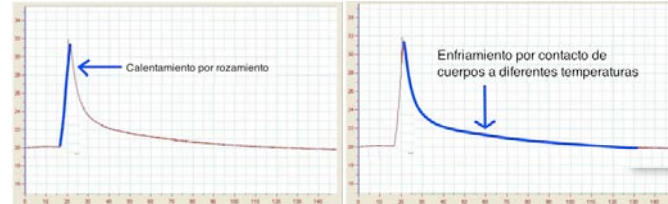
En todos estos diseños didácticos consideramos la premisa de que el aprendizaje de un concepto tan abstracto como la energía, para que sea significativo, debe abarcarse a través


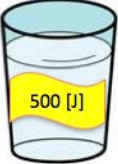

de actividades de carácter cualitativo, es decir, actividades que permitan a los estudiantes explicar los fenómenos físicos con sus palabras e ir introduciendo en sus explicaciones los modelos que han ido adquiriendo en el proceso.

La Tabla 21 nos permite conocer la lógica de diseño utilizada para la construcción del dossier 4. En ella podemos ver el actividades y preguntas diseñadas, con imágenes representativas del dossier o de su implementación; las fases de modelización, objetivos didácticos e ideas del modelo científico escolar que se pretende trabajar con cada actividad.

Tabla 21. Esquema de la secuencia didáctica para la construcción de las ideas de conservación y degradación de la energía

Dossier 4: Conservación y degradación de la energía	Fase de la secuencia	Objetivo didáctico	Idea del modelo				
<p>Introducción: Se plantean unas preguntas generales en torno al fenómeno de incandescencia que se observa en el disco de frenos de un coche rally luego de una frenada a alta velocidad: <i>¿Crees que puedes explicar científicamente cómo llegó el disco de frenos de este automóvil al estado en el que se encuentra y cómo quedará al cabo de un tiempo? ¿A qué asocias la energía?, ¿dónde va?, ¿podremos aprovechar del mismo modo la energía asociada al estado inicial con respecto a la asociada al estado final?.</i></p> <div data-bbox="480 987 967 1283" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>INTRODUCCIÓN</p> <p>Observa las siguientes imágenes del disco de frenos de un automóvil de rally, discute las preguntas con tus compañeros y luego pongan en común sus respuestas con el curso.</p>  <p>1- ¿Crees que puedes explicar científicamente cómo llegó el disco de frenos de este automóvil al estado en el que se encuentra y cómo quedará al cabo de un tiempo? ¿A qué asocias la energía?, ¿dónde va?, ¿podremos aprovechar del mismo modo la energía asociada al estado inicial con respecto a la asociada al estado final?</p> </div> <p>Discuten en grupos de 4 personas y luego en un gran grupo. Responden en forma oral y sin ningún tipo de feedback.</p>	<p>1. Presentar un fenómeno y plantear una pregunta que requiere de una explicación.</p>	<p>1. Sentir la necesidad de un modelo</p>					
<p>Actividad 1: Después de la breve discusión inicial, se presenta un esquema que muestra el funcionamiento de un disco de frenos, para que los estudiantes puedan realizar la expresión inicial del modelo, intentando incorporar en su respuestas las ideas de estado del sistema y transferencia de energía a través de calor y trabajo, construidas en las sesiones anteriores, además de identificar si en esta nueva cadena de cambios</p> <div data-bbox="544 1570 995 1906" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%;"> <p>Antes que la rueda gire</p> <p>¿A qué asociamos la energía?</p>  <p>¿Qué cambios se producen?</p> <p>¿Con qué mecanismo de transferencia de energía asocias los cambios?</p> <p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p> </td> <td style="width: 25%;"> <p>Mientras las rueda gira</p> <p>¿A qué asociamos la energía?</p>  <p>¿Qué cambios se producen?</p> <p>¿Con qué mecanismo de transferencia de energía asocias los cambios?</p> <p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p> </td> <td style="width: 25%;"> <p>Justo después de frenar</p> <p>¿A qué asociamos la energía?</p>  <p>¿Qué cambios se producen?</p> <p>¿Con qué mecanismo de transferencia de energía asocias los cambios?</p> <p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p> </td> <td style="width: 25%;"> <p>Al cabo de unos minutos</p> <p>¿A qué asociamos la energía?</p>  <p>¿Qué cambios se producen?</p> <p>¿Con qué mecanismo de transferencia de energía asocias los cambios?</p> <p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p> </td> </tr> </table> </div>	<p>Antes que la rueda gire</p> <p>¿A qué asociamos la energía?</p>  <p>¿Qué cambios se producen?</p> <p>¿Con qué mecanismo de transferencia de energía asocias los cambios?</p> <p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p>	<p>Mientras las rueda gira</p> <p>¿A qué asociamos la energía?</p>  <p>¿Qué cambios se producen?</p> <p>¿Con qué mecanismo de transferencia de energía asocias los cambios?</p> <p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p>	<p>Justo después de frenar</p> <p>¿A qué asociamos la energía?</p>  <p>¿Qué cambios se producen?</p> <p>¿Con qué mecanismo de transferencia de energía asocias los cambios?</p> <p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p>	<p>Al cabo de unos minutos</p> <p>¿A qué asociamos la energía?</p>  <p>¿Qué cambios se producen?</p> <p>¿Con qué mecanismo de transferencia de energía asocias los cambios?</p> <p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p>	<p>2. Solicitar la expresión explícita de su modelo.</p>	<p>2. Expresar /Utilizar el modelo inicial</p>	<p>Idea 4: La energía se degrada a medida que un sistema va perdiendo capacidad para generar nuevos cambios. Cuando la</p>
<p>Antes que la rueda gire</p> <p>¿A qué asociamos la energía?</p>  <p>¿Qué cambios se producen?</p> <p>¿Con qué mecanismo de transferencia de energía asocias los cambios?</p> <p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p>	<p>Mientras las rueda gira</p> <p>¿A qué asociamos la energía?</p>  <p>¿Qué cambios se producen?</p> <p>¿Con qué mecanismo de transferencia de energía asocias los cambios?</p> <p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p>	<p>Justo después de frenar</p> <p>¿A qué asociamos la energía?</p>  <p>¿Qué cambios se producen?</p> <p>¿Con qué mecanismo de transferencia de energía asocias los cambios?</p> <p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p>	<p>Al cabo de unos minutos</p> <p>¿A qué asociamos la energía?</p>  <p>¿Qué cambios se producen?</p> <p>¿Con qué mecanismo de transferencia de energía asocias los cambios?</p> <p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p>				

<p>incorporan elementos de las ideas de degradación y conservación de la energía. Se solicita completar un esquema y explicar el camino de la energía desde que el coche rally está parado, hasta que frena y pasan unos minutos desde la frenada. Los estudiantes responden individualmente por escrito en su dossier.</p>			<p>energía se degrada, disponemos de menor energía útil a lo largo de la cadena y los cambios que se pueden ir generando son de menor calidad.</p>
<p>Actividad 1: En grupos pequeños se les plantea una actividad experimental que simula el fenómeno de calentamiento y enfriamiento que ocurre en el disco de frenos de un coche. Se utilizó un montaje experimental compuesto por una rueda de bicicleta, que podía girar libremente y ser frenada por la acción de una botella que se hinchaba al ser presionada una jeringa. En la botella se adjunto una placa de cobre y un sensor de temperatura que permitía registrar el proceso de calentamiento y enfriamiento en tiempo real. En base a esta experiencia se solicita a los estudiantes interpretar la gráfica, describir el camino de la energía en forma completa desde antes que que la rueda gire hasta que la placa de cobre se ha enfriado.</p> <p>También se plantea un esquema en el que los estudiantes tienen que pensar en términos de aprovechamiento energético, intentando dar ejemplos de cómo podríamos haber utilizado la energía disponible en cada fase, con la intención de acercarlos a la idea de degradación de la energía y que puedan explicar ¿Qué ha pasado con la cantidad y utilidad de la energía a lo largo de la cadena?</p> 	<p>3. Poner a prueba el modelo</p>	<p>3. Evaluar (analizar el grado de ajuste con la realidad / poner a prueba) el modelo</p>	
<p>Actividad 1: En grupos pequeños se les plantean dos gráficas donde se resaltan las etapas de "calentamiento por rozamiento" y "enfriamiento por contacto de cuerpos a diferentes temperaturas".</p>  <p>Y se plantea una reflexión: <i>"naturaleza tiende de forma espontánea e irreversible a homogeneizar las diferencias y anular las posibilidades de cambio. Sin embargo, nosotros necesitamos producir cambios: adquirir velocidad en el coche,</i></p>	<p>4. Generar y/o aportar nuevos puntos de vista / información teórica: Fomentando la comparación de ideas entre iguales (discusión).</p>	<p>4. Revisar (mejorar aspectos inadecuados) del modelo</p>	

<p><i>conseguir una altura o frenar una posible caída en el ascensor, calentar la leche del desayuno, etc.” En base a ella se les pide discutir en base a las siguientes preguntas y revisar sus explicaciones: ¿Qué mecanismo de transferencia de energía nos es más útil si queremos producir cambios de forma más continua?, ¿Qué significa que el proceso de calentamiento (trabajo) sea más rápido que el enfriamiento (calor)?, ¿cómo se relaciona esto con los aprovechamientos?, ¿Qué pasa con la utilidad y la calidad de la energía a lo largo de la cadena energética?.</i></p>			
<p>Después de la actividad 1: en gran grupo realizan consenso de sus explicaciones, representaciones e ideas claves y redactan en forma personal sus conclusiones en torno a la idea de degradación de la energía.</p>	<p>5. Facilitar la estructuración de las ideas en un modelo final consensuado.</p>	<p>5. Consensuar un modelo final</p>	
<p>Actividad 2: Se solicita la expresión inicial del modelo, para la construcción de la idea de conservación de la energía. Se les plantea que imaginen que toda la energía que se asocia a los diferentes estados del sistema, de la cadena energética del montaje experimental, la pueden representar con una cantidad en un vaso y en base a esta idea se les demanda explicar: <i>¿Dónde está la energía del vaso, se habrá perdido?.</i></p> 	<p>2. Solicitar la expresión explícita de su modelo.</p>	<p>2. Expresar /Utilizar el modelo inicial</p>	<p>Idea 5: La energía se conserva en los sistemas aislados y se disipa en los sistemas no aislados, se manera que la energía que gana o pierde un sistema siempre corresponde a la pérdida o ganancia de energía de otro sistema o del entorno.</p>
<p>Actividad 2: Se propone hacer una actividad en la que deben representar las distintas cantidades de energía, asociadas a diferentes procesos que ocurren en esta cadena de cambios, con vasos, etiquetas y agua, partiendo con una cantidad inicial de 500 J que se asociarán al brazo de la persona que hace girar la rueda. En base a esta actividad se les solicita explicar <i>¿Qué pasa con la cantidad de energía a lo largo de un proceso?, ¿se pierde?</i></p>  	<p>3. Poner a prueba el modelo</p>	<p>3. Evaluar (analizar el grado de ajuste con la realidad / poner a prueba) el modelo</p>	
<p>Actividad 2: En grupos pequeños se les propone pensar si en su etiquetado consideraron la energía asociada a la rueda en movimiento, al calentamiento por fricción entre las partes de la rueda, al calentamiento de la placa de cobre, al aumento de T° del entorno</p>	<p>4. Generar y/o aportar nuevos puntos de vista /</p>	<p>4. Revisar (mejorar aspectos inad-</p>	

<p>Y se solicita discutir en base a las siguientes preguntas: <i>¿Partes del sistema ganan energía y otras la pierden?, ¿Si la energía se degrada cómo es posible que se cumpla el principio de conservación de ésta?</i></p>	<p>información teórica: Fomentando la comparación de ideas entre iguales (discusión)</p>	<p>cuados) del modelo</p>	
<p>Después de la actividad 2: en gran grupo realizan consenso de sus explicaciones, observan las representaciones de sus compañeros visitando los otros mesones de trabajo y analizan qué ideas claves se trabajaron en clases para redactar en forma personal sus conclusiones en torno a la idea de conservación de la energía.</p> 	<p>5. Facilitar la estructuración de las ideas en un modelo final consensuado.</p>	<p>5. Consensuar un modelo final</p>	
<p>Tarea individual (para hacer en casa o luego de finalizar la actividad 2): Se propone un nuevo fenómeno, que se debe interpretar en términos de la idea de conservación y degradación de la energía. El nuevo contexto de análisis es el funcionamiento de autos con un sistema llamado "Freno regenerativo", que aprovecha parte de la energía que se disipa durante el proceso de frenado para cargar una batería que incorpora el coche. En base a esta situación, se solicita que expliquen qué diferencias hay entre la cadena de transferencia de energía en el freno convencional y en el freno regenerador.</p> 	<p>6. Promover la transferencia para aplicar el modelo a nuevas situaciones.</p>	<p>6. Utilizar el modelo para predecir o explicar un nuevo fenómeno</p>	<p>Idea 4 y 5</p>

La Figura 9 nos resume el diseño del dossier 4. Podemos ver un gran ciclo con las fases 1 y 6 comunes para todo el diseño didáctico. Dentro de este gran ciclo existen 2 mini ciclos en los que se potencian ideas de conservación y degradación de la energía del MCE de energía.

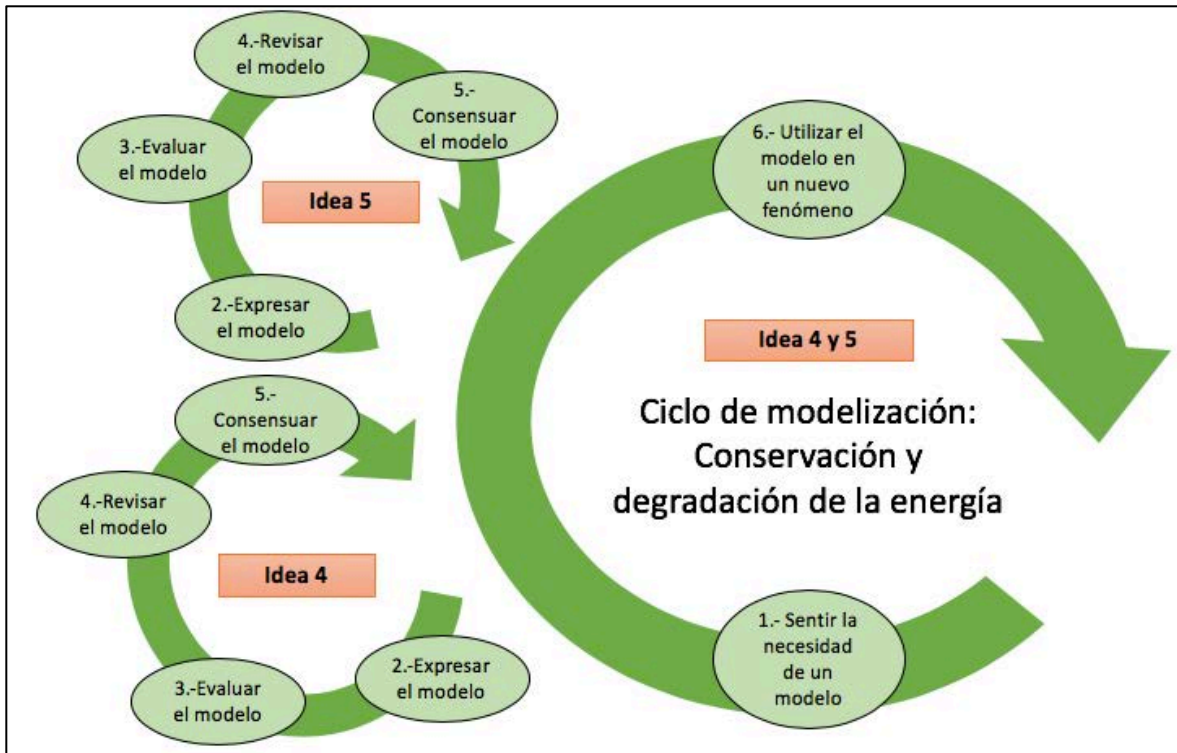


Figura 9. Fases de modelización para la construcción de las ideas de conservación y degradación de la energía.

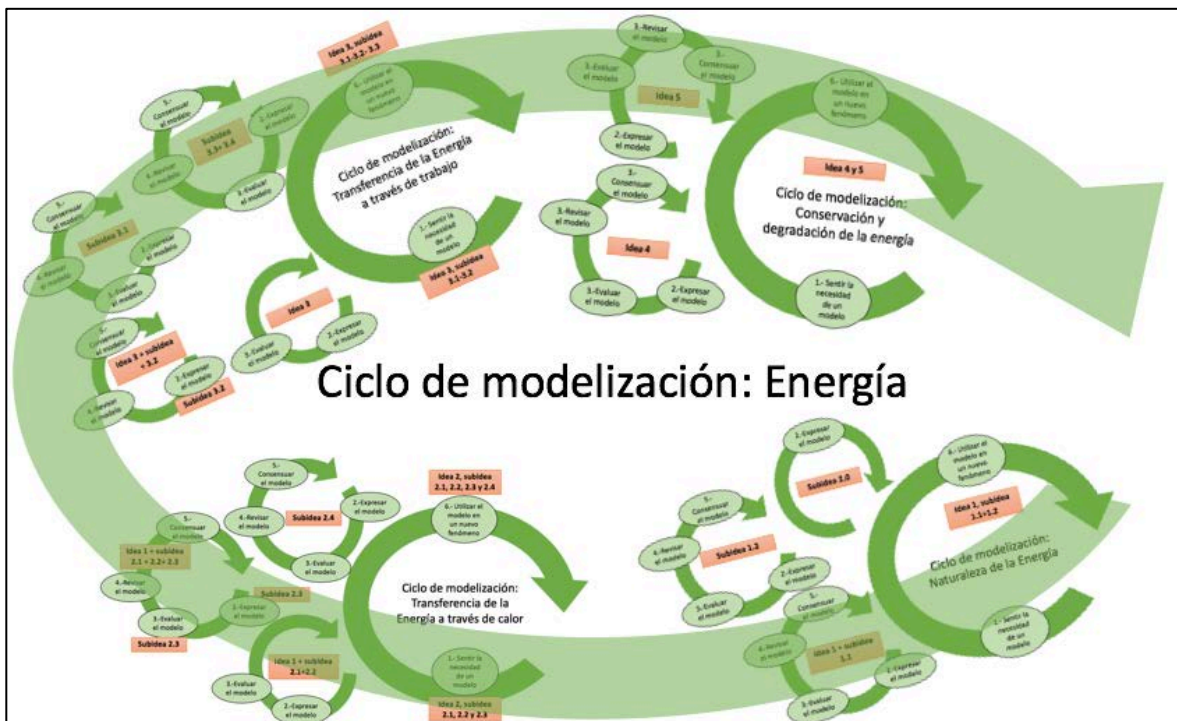


Figura 10. Fases de modelización del ciclo completo de la SEA diseñada para construir un MCE de energía.

3.3.2.5. Descripción de la prueba

Al finalizar la SEA se aplicó una prueba diseñada para analizar el modelo final que utilizan los estudiantes para explicar nuevos fenómenos, solicitando que utilizaran la mayor cantidad de ideas que constituyen el MCE de energía.

El primer ítem de la prueba es un ítem de respuesta alterna, conocido generalmente como verdadero y falso. Se solicita a los estudiantes que argumenten a favor o en contra de las afirmaciones que se plantean. Las afirmaciones están relacionadas con algunas ideas alternativas detectadas por múltiples autores en el campo de didáctica de las ciencias, entre estos Pintó, (1991) y en su mayoría asociadas a la idea de naturaleza de la energía y transferencia de la energía.

Tabla 22. Preguntas que componen al Ítem I de respuesta alterna

Preguntas que componen la prueba
<p>I.- A continuación, se presentan una serie de afirmaciones. Ante cada una de ellas señala si estás de acuerdo (V) o en desacuerdo (F). Menciona argumentos a favor o en contra.</p> <p><input type="checkbox"/> Los cuerpos que se mueven poseen energía.</p> <p><input type="checkbox"/> La energía es un agente causal, algo que los cuerpos poseen y que les permite realizar alguna acción o algún cambio en el entorno.</p> <p><input type="checkbox"/> La energía es la capacidad para realizar un trabajo.</p> <p><input type="checkbox"/> La energía es una especie de sustancia que se almacena en los objetos, como por ejemplo en los alimentos.</p>

El segundo ítem de la prueba es de respuesta extensa. Se escogió este tipo de ítem, considerando que permite al estudiante seleccionar y organizar las ideas de sus modelos mentales, expresar opiniones y mostrar originalidad e iniciativa. Las preguntas fueron planteadas de forma clara y precisa especificando los aspectos que queríamos ver presentes en su explicación.

Los contextos de los nuevos fenómenos utilizados para la formulación de las preguntas de la prueba son variados, por ejemplo: intentar describir el camino de la energía en un proceso de generación de electricidad en una central termoeléctrica, explicar cómo se termorregulan los animales (usando nociones de transferencia de energía) para soportar climas de altas o bajas temperaturas, explicar cómo es el consumo de un coche que circula por la ciudad o carretera, entre otros, pero siempre intentado que fueran fenómenos similares a los utilizados en la implementación o en algunos casos fueron preguntas que se habían planteado como tarea para sus hogares.

Tabla 23. Ejemplos de preguntas que componen al Ítem II de respuesta extensa

Preguntas que componen la prueba	
<p>II.- Ante las siguientes situaciones argumenta mencionando el camino de la energía, es decir, dónde está (configuración del sistema), a qué sistema/cambios se asocia la energía, como se transfiere (a través de que mecanismo), se degrada o se conserva.</p> <p>1.-El siguiente esquema representa en términos simples el funcionamiento de una central termoeléctrica. Explica la cadena energética con las ideas del modelo trabajadas en clases.</p>	
<p>2.- La regla de Allen relaciona la temperatura ambiental con la morfología de los seres vivos. En las especies típicas de las zonas frías, las partes sobresalientes del cuerpo (orejas, hocico, pico), son más pequeñas que en las de hábitat calurosos como trópicos o desiertos. En base a esta idea se puede observar que los osos polares tienen cuerpos redondos y grandes; orejas, hocicos, patas y colas cortas; tienen una capa de grasa almacenada y su piel es negra. También los pelos de su cuerpo son huecos y pueden atrapar el aire.</p>	
<p>¿Cómo relacionamos la regla de Allen y las características de estos osos con la energía?</p>	
<p>5.-Si has de comprar o alquilar un coche, podrás encontrarte con un anuncio como este: Fíjate que los dos últimos datos que aparecen hacen referencia al "Consumo urbano" (es decir, dentro de la ciudad) y el "Consumo extraurbano" (es decir, cuando el coche se mueve por autopistas y carreteras). En ambos casos se refiere a l/100Km, es decir, a los litros de gasolina que consume el coche de media para recorrer 100 Km. de distancia.</p>	
<p>¿Qué diferencia hay entre la conducción dentro y fuera de la ciudad? (Usa el modelo energético).</p>	

Finalmente es importante señalar que los fenómenos utilizados como contextos tanto en los dossiers como en la prueba fueron escogidos por la cotidianidad de los fenómenos y para responder a la demanda curricular de la asignatura Bases Físicas de los Seres Vivos y su Medio Ambiente, en la que se expresa como contenido el funcionamiento de centrales de generación de electricidad y el análisis de cómo las leyes de la física pueden ser aplicadas para entender aspectos del comportamiento de los seres vivos.

3.3.3. Preguntas de los dossiers que constituyen nuestro instrumento de recolección de datos

Como hemos mencionado, esta investigación tiene como objetivo analizar la evolución del modelo de energía de los futuros docentes de física y matemática a partir de la implementación de una SEA diseñada para la construcción de un MCE de energía.

Con el objetivo de conocer el modelo alcanzado por los estudiantes, se recogieron datos a partir de las producciones escritas (dossiers 1,2,3,4 y la prueba aplicada al finalizar el curso).



Figura 11. Implementación de la SEA.

Es importante tener en cuenta que en una investigación en educación es esencial el respeto de los participantes en el estudio considerando que su colaboración durante la implementación de la SEA es crucial para que los investigadores puedan llegar a interpretaciones adecuadas de sus explicaciones y opiniones (Garrido, 2016).

Por este motivo, antes de iniciar el curso realizamos una reunión informativa en la que les comentamos los objetivos de la investigación, indicando que nuestro objetivo era implementar una nueva metodología con la intención de que construyeran una base sólida respecto al concepto de energía y sus ideas implicadas, considerando que es un concepto con muchas dificultades asociadas tanto al proceso de enseñanza como en el de aprendizaje, y que también pretendíamos que esta implementación fuera un aporte para su próximo quehacer docente. Les mencionamos que nos interesaba conocer su percepción de la metodología usada y en base a los resultados obtenidos realizar mejoras a la asignatura.

Les comentamos acerca de la protección del anonimato en sus producciones y que el análisis que realizaríamos sería utilizando códigos numéricos en vez de sus nombres reales. Solicitamos la autorización de utilizar sus producciones, sacar fotografías durante las implementaciones y poder utilizar su imagen tanto en este documento como presentaciones de congresos o publicaciones en revistas.

Finalmente solicitamos que contestaran un breve test de entrada para conocer sus percepciones iniciales respecto a qué ideas relacionadas con la energía consideran necesarias para enseñar en las aulas de enseñanza media (equivalente a los niveles de secundaria y bachillerato en España) y les comentamos que al finalizar la SEA les solicitaríamos contestar un test de salida para contrastar estos aspectos y conocer sus opiniones en torno a la metodología utilizada durante las implementaciones.

3.3.3.1. Selección de preguntas en relación a la idea de naturaleza de la energía

Para conocer la evolución de las ideas de cada estudiante en relación a la naturaleza de la energía hemos seleccionado ciertas preguntas o tareas a lo largo de la SEA que nos brindan información respecto a cómo los estudiantes identifican el estado de un sistema a lo largo de la implementación; como también nos permitieron analizar cómo asocian la variación de la energía de un sistema con los cambios de estado que este experimenta.

Las preguntas seleccionadas fueron agrupadas en “momentos” para su posterior análisis. Entenderemos como “momento” a un conjunto de preguntas seleccionadas tomando en cuenta dos criterios: las fases de la modelización y la cronología temporal (cómo aparecen las ideas a lo largo de la secuencia didáctica). Por ejemplo, en general en los momentos iniciales las preguntas seleccionadas corresponderán a preguntas pertenecientes a la fase 2 del ciclo de modelización (expresar el modelo) y pueden ser escogidas de cualquiera de los dossiers, siguiendo la cronología temporal de cómo aparece la idea a lo largo de la SEA. Asimismo, en un momento final, en general las preguntas corresponderán a las fases 4 y 6 (revisión o aplicación del modelo), como también a preguntas pertenecientes a la prueba.

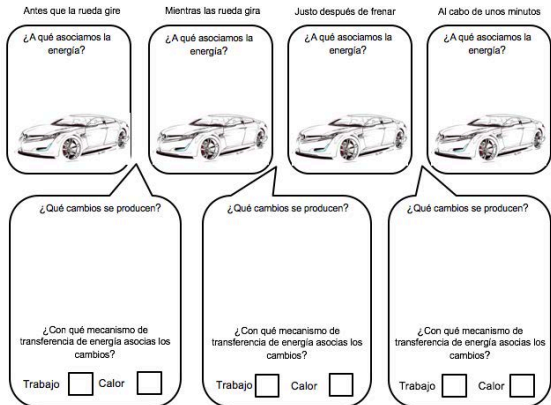
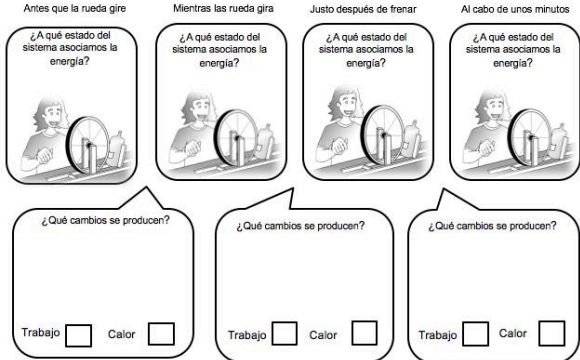
Pueden existir ocasiones en las que por ejemplo, se decida que una pregunta perteneciente a la fase 2 de un dossier sea asociada a un momento intermedio (u otras fases a otros momentos). En estos casos se adopta esta lógica por una decisión cronológica, considerando que puede existir un momento 1 que incluya una pregunta de fase 2 de un

dossier y un momento 2 que incluya una pregunta de fase 2 de otro dossier, donde cronológicamente hablando se esperaría que en ese momento 2 la respuesta sea más sofisticada por poseer aprendizajes previos de un dossier anterior.

Las preguntas seleccionadas en torno a la idea de naturaleza de la energía están agrupadas en siete momentos (desde ahora se denominará momento con la letra M) y hemos seleccionado tres colores para identificar momentos iniciales (naranja claro), intermedios (azul claro) y finales (amarillo claro). La Tabla 24 ejemplifica los momentos y las preguntas asociadas a cada uno.

Tabla 24. Instrumento de recolección de datos para el análisis de la idea de naturaleza de la energía

Momentos	Nº Dossier	Preguntas seleccionadas
M1	D1	2.2.- ¿En qué variables piensas para describir el estado del agua en cada imagen?, ¿Cuáles de estas variables relacionas con la energía?
M2	D1	<p>7.- Completa el siguiente esquema para complementar tu respuesta anterior e identifica elementos del camino de la energía:</p> <p>Antes de que la rueda gire Justo al tocar la rueda Mientras gira Mientras la luz enciende Luz apagada</p> <p>7.1 ¿A qué parte y estado del sistema asocias la energía? ¿A qué parte y estado del sistema asocias la energía? ¿A qué parte y estado del sistema asocias la energía? ¿A qué parte y estado del sistema asocias la energía? ¿A qué parte y estado del sistema asocias la energía?</p> <p>7.2 ¿Qué cambios se producen en el estado del sistema? ¿Qué cambios se producen en el estado del sistema? ¿Qué cambios se producen en el estado del sistema? ¿Qué cambios se producen en el estado del sistema?</p>
M3	D2	<p>....Jordi cocinó una carbonada y la guardó caliente en un tupper, dentro del bolso, junto con un yogurt y una botella de agua fría. A la hora de almuerzo se dio cuenta que su carbonada estaba tibia y su yogurt y el agua se habían calentado.</p> <p>2.1.-¿Cómo está el sistema al inicio?, ¿Qué variables asocias ese estado inicial?</p> <p>2.2.-¿Qué se ha necesitado para que llegue a ese estado inicial?</p>
	D3	<p>En la vida cotidiana vemos a menudo colisiones, algunas que pueden ser aprovechadas, como por ejemplo para provocar el movimiento de una pelota cuando el futbolista la golpea con su pie o el tenista con su raqueta, mientras que en otros casos las colisiones están asociadas a accidentes, que dejan como consecuencias daños y pérdidas tanto humanas como materiales.</p> <p>2.1.-¿Qué cambios se asocian al estado del sistema?</p> <p>2.3.-¿Cómo explicarías la relación de estos cambios y las variables asociadas a ellos energéticamente?, ¿Qué ha pasado con la energía?</p>
M4	D1	3.2.-¿Ese cálculo que has realizado que representa en términos de energía?
	D2	3.3.- ¿Qué relación tienen los cambios de temperatura con la energía?

	<p>D3</p>	<p>4.5.- ¿Cómo explicas la relación de los cambios en el estado del sistema y las variables asociadas a ellos, energéticamente?, ¿Qué ha pasado con la energía antes y después del coche?</p>
<p>M5</p>	<p>D4</p>	<p>2.-Completa el siguiente esquema, nombrando y pintando en el dibujo, a qué parte del sistema asociamos la energía, identificando qué cambios se asocian a transferencias de energía y a través de qué mecanismo se producen dichas transferencias.</p> 
<p>M6</p>	<p>D1</p>	<p>3.4.-¿Qué relación existe entre el estado de un sistema y la energía que asocias a él?</p> <p>9.-Pedro, que era un hombre muy audaz, trasladó, en su casa de campo, la chimenea desde la planta baja hasta el segundo piso, con objeto de obtener mayor energía mediante calor. Pensó que, para una determinada cantidad de madera, la energía que produce debe tener como añadido la energía potencial, a consecuencia de la mayor altura. Sin embargo, cuando Pedro hizo las comprobaciones pertinentes, no observó ningún cambio; obtuvo el mismo calor que cuando la chimenea estaba en la planta baja. ¿A dónde ha ido a parar esa energía potencial suplementaria?</p>
<p>M6</p>	<p>D4</p>	<p>3.3.- En base a lo que has observado, completa el siguiente esquema</p> 
<p>M7</p>	<p>PRUEBA V o F</p>	<p>1.- A continuación se presentan una serie de afirmaciones. Ante cada una de ellas señala si estás de acuerdo (V) o en desacuerdo (F). Menciona argumentos a favor o en contra.</p> <p>a.- Los cuerpos que se mueven poseen energía.</p> <p>b.- La energía es un agente causal, algo que los cuerpos poseen y que les permite realizar alguna acción o algún cambio en el entorno.</p> <p>d.- La energía es una especie de sustancia que se almacena en los objetos, como por ejemplo en los alimentos.</p>

La Figura 12 nos permite observar la cronología de los momentos y las preguntas de cada dossier que conforman cada momento. Hemos agrupado los momentos en tres bloques: momentos iniciales (M1,M2 y M3), momentos intermedios (M4,M5) y momentos finales (M6 y M7). Utilizamos el código de colores de Garrido (2016) en degradé de verdes para identificar las fases de la modelización.

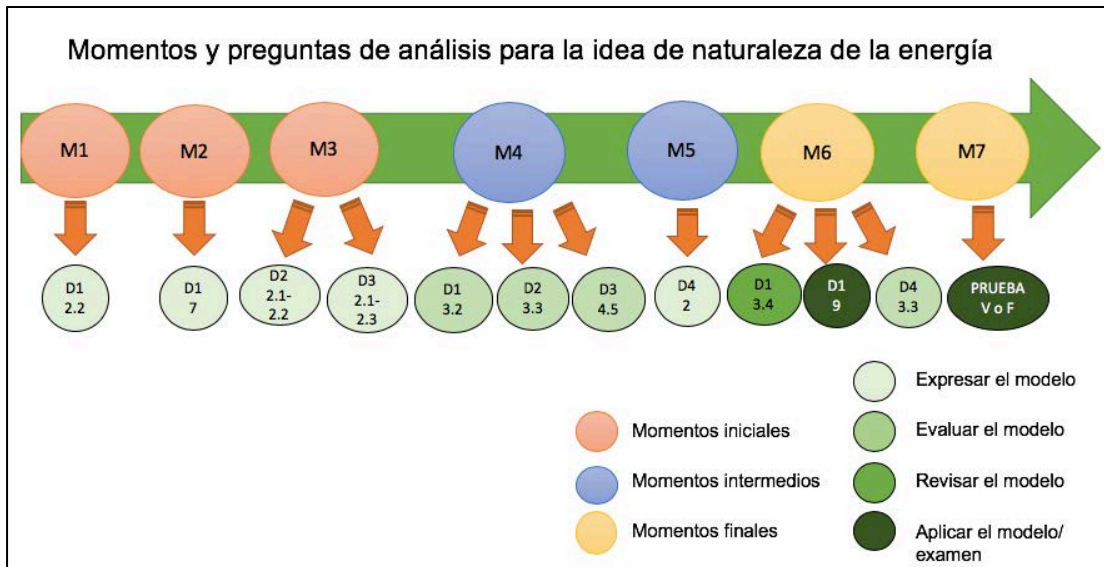


Figura 12. Momentos y preguntas seleccionadas para el análisis de la idea 1 “naturaleza de la energía”.

La idea de naturaleza de la energía tiene asociadas dos subideas que también hemos potenciado en la SEA. Estas subideas tienen relación la posibilidad de determinar o no un valor absoluto de la energía y la noción de aprovechamiento energético a partir del aprovechamiento del estado de un sistema y un mecanismo o dispositivo físico apropiado para dar uso de este (por ejemplo: una turbina que aproveche una caída de agua para la generación de electricidad).

Las preguntas seleccionadas para la subidea: valor absoluto, fueron escogidas del primer dossier, considerando que es una idea trabajada explícitamente en él y fueron agrupadas en tres momentos. La Tabla 25 ejemplifica los momentos y las preguntas asociadas a cada uno.

Tabla 25. Instrumento de recolección de datos para el análisis de la subidea valor de la energía

Momentos	Nº Dossier	Preguntas seleccionadas
M1	D1	2.3.- ¿Crees que se puede calcular la energía asociada a cada estado del agua?, ¿Con qué expresiones crees que puedes calcular la energía?

M2	D1	3.2.- Ese cálculo que has realizado ¿qué representa en términos de energía? 3.3.- ¿Es posible determinar el valor de la energía asociada al agua en un momento determinado?, ¿Por qué?
M3	D1	5.4.- ¿Es posible determinar el valor de la energía asociada al agua en un momento determinado?, ¿Por qué?

La Figura 13 nos permite observar la cronología de los momentos y las preguntas del dossier que conforman cada momento. Hemos agrupado los momentos en tres bloques: momento inicial (M1), momento intermedio (M2) y momento final (M3).

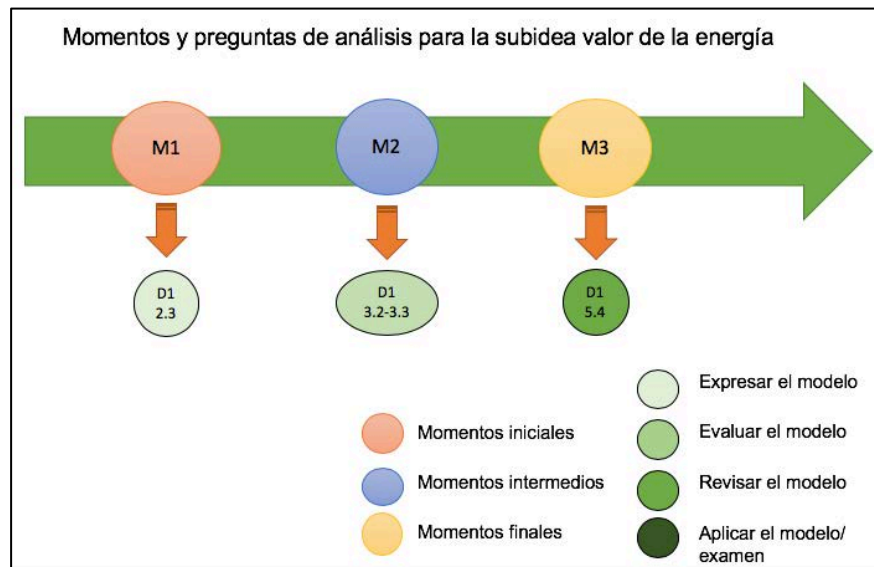
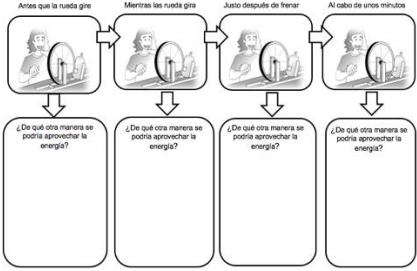


Figura 13. Momentos y preguntas seleccionadas para el análisis de la subidea de valor de la energía.

Las preguntas seleccionadas para la subidea aprovechamiento energético, fueron agrupadas en cinco momentos. La Tabla 26 ejemplifica los momentos y las preguntas asociadas a cada uno.

Tabla 26. Instrumento de recolección de datos para el análisis de la subidea aprovechamiento de la energía

Momentos	Nº Dossier	Preguntas seleccionadas
M1	D1	4.3.- ¿Qué es lo que aprovechamos del agua para generar electricidad?, ¿Por qué?
M2	D4	2.3 ¿La energía que se ha invertido en mover la rueda y luego frenar el coche, se puede aprovechar para otra cosa? Explica
M3	D1	5.1.- Después de realizar esta experiencia... ¿Qué es lo que aprovechamos del agua para generar energía? 5.2.- ¿De qué depende que aprovechemos más o menos la energía?, ¿Por qué?
M4	D1	5.3.-¿De qué depende la cantidad de energía que asociamos a un sistema?

		5.4.-¿De qué depende el aprovechamiento que podamos obtener de un sistema, ¿Por qué?
M5	D1	9.-Pedro, que era un hombre muy audaz, trasladó, en su casa de campo, la chimenea desde la planta baja hasta el segundo piso, con objeto de obtener mayor energía mediante calor. Pensó que, para una determinada cantidad de madera, la energía que produce debe tener como añadido la energía potencial, a consecuencia de la mayor altura. Sin embargo, cuando Pedro hizo las comprobaciones pertinentes, no observó ningún cambio; obtuvo el mismo calor que cuando la chimenea estaba en la planta baja. ¿A dónde ha ido a parar esa energía potencial suplementaria?
	D4	4.- Hemos visto que en el proceso estudiado en cada cambio hay una transferencia de energía. Este proceso parece tener un final, es decir, con la rueda parada y fría no suceden más cambios. ¿Cómo podemos aprovechar la energía en cada etapa? 

La Figura 14 nos permite observar la cronología de los momentos y las preguntas de cada dossier que conforman cada momento. Hemos agrupado los momentos en tres bloques: momentos iniciales (M1 y M2), momento intermedio (M3) y momentos finales (M4 y M5).

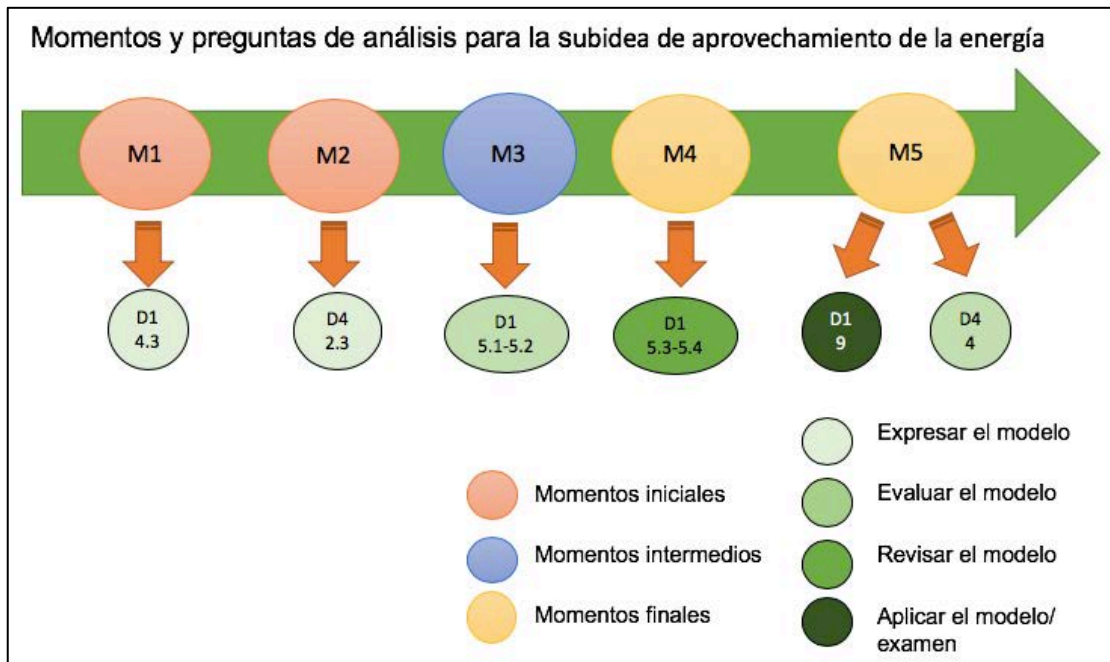


Figura 14. Momentos y preguntas seleccionadas para análisis de la subidea aprovechamiento de la energía.

3.3.3.2. Selección de preguntas en relación a la idea de transferencia de la energía


Para conocer la evolución de las ideas de cada estudiante en relación con la idea de transferencia o camino de la energía, hemos seleccionado ciertas preguntas o tareas claves a lo largo de la SEA, que nos brindan información con respecto a cómo los estudiantes son capaces de identificar las transferencias de energía a través de trabajo o calor ante la evidencia de algún cambio en el estado de un sistema.

Las preguntas seleccionadas en torno a la idea transferencia o camino de la energía, están agrupadas en siete momentos. La siguiente tabla ejemplifica los momentos y las preguntas asociadas a cada uno.

Tabla 27. Instrumento de recolección de datos para el análisis de la idea transferencia o camino de la energía.

Momentos	Nº Dossier	Preguntas seleccionadas
M1	D1	<p>A partir de las actividades anteriores, poco a poco has ido comprendiendo algunas ideas claves en torno a la energía. Observaste experimentalmente cómo funciona una central hidroeléctrica.... Ahora pensemos: ¿qué pasa con la energía durante el proceso de funcionamiento de la central?, ¿a dónde va?</p> <p>6.- Intenta describir cuál es el camino que sigue la energía a lo largo del proceso, ¿a qué variables asocias la energía en cada momento?</p> <p>7.3.-¿Qué variables disminuyen y aumentan en relación con ese cambio?</p> <p>7.4.- ¿Qué pasa con la energía en cada cambio?</p>
M2	D2	<p>Cansado de esperar ... Jordi decidió comprar aquellos bolsos térmicos que promocionan en televisión y dicen mantener la temperatura de los alimentos en su interior.... A la hora de almuerzo se dio cuenta que su carbonada estaba tibia y su yogurt y el agua se habían calentado.</p> <p>2.3.- Explica en tus palabras cómo crees que se ha pasado del estado inicial al final.</p>
	D3	<p>En la vida cotidiana vemos a menudo colisiones, algunas que pueden ser aprovechadas, como por ejemplo para provocar el movimiento de</p>

		<p>una pelota cuando el futbolista la golpea con su pie o el tenista con su raqueta, mientras que en otros casos las colisiones están asociadas a accidentes, que dejan como consecuencias daños y pérdidas tanto humanas como materiales...</p> <p>2.3.-¿Cómo explicarías la relación de estos cambios y las variables asociadas a ellos, energéticamente?, ¿Qué ha pasado con la energía?</p>
M3	D2	3.3.- ¿Qué relación tienen los cambios de temperatura con la energía?.
	D3	<p>4.3.-¿Cómo interpretas tus resultados en términos de transferencias de energía?, ¿Cómo se han provocado?.</p> <p>4.4.- ¿Cómo interpretas tus resultados en términos de fuerzas? (qué han causado).</p> <p>4.5.- ¿Cómo explicas la relación de los cambios en el estado del sistema y las variables asociadas a ellos, energéticamente?, ¿Qué ha pasado con la energía antes y después del coche?.</p>
M4	D4	<p>2.-Completa el siguiente esquema, nombrando y pintando en el dibujo, a qué parte del sistema asociamos la energía, identificando qué cambios se asocian a transferencias de energía y a través de qué mecanismo se producen dichas transferencias.</p> <div data-bbox="730 846 1251 1234"> </div> <p>2.2 ¿Qué camino ha seguido la energía, asociada a la luz del disco de frenos, desde que la rueda está en movimiento hasta que el automóvil está parado y el disco deja de brillar? (Menciona el origen de la energía, a dónde va y cómo se transfiere de un sistema a otro, etc.).</p> <p>3.1.- Nombra en la gráfica las etapas que crees que están presentes a lo largo del proceso. Cómo crees que se transferirá la energía en las diferentes etapas que mencionaste?, ¿Por qué?.</p>
		M5

M6	D2	10.- Explica el fenómeno que ocurre en la bolsa térmica de Jordi integrando en tu respuesta todas las ideas del modelo que hemos aprendido (configuración de los sistemas, valor de la energía, tipos de energía, concepto de calor, etc.) e incluyendo aspectos macroscópicos y microscópicos en torno a la transferencia de energía a través de calor.
	D3	14.-Antiguamente, los autos estaban fabricados con materiales sólidos, que permitían disminuir las pérdidas materiales ante un choque, mientras que hoy en día se fabrican con materiales más deformables, lo curioso es que las pérdidas humanas son menores hoy en día. ¿Cómo explicas este fenómeno en términos de transferencia de energía?
	D4	4.2.-A partir de lo que has medido y de la curva de temperatura obtenida... ¿qué puedes decir sobre el camino de la energía?, ¿qué representa el calentamiento y el enfriamiento?.
M7	PRUEBA	<p>1.-El siguiente esquema representa en términos simples el funcionamiento de una central termoeléctrica. Explica la cadena energética con las ideas del modelo trabajadas en clases.</p>  <p>4.-Laura y Cristian son dos jóvenes muy aficionados a los Rallys de coches, y suelen ir a ver campeonatos o exhibiciones cuando se hacen cerca de casa...Cristian dijo: "Mira qué faros más tuning que se ha puesto el coche en el interior de las llantas de la rueda!". Explica de dónde proviene y qué camino ha seguido la energía asociada a la luz del disco de frenos desde que la rueda está en movimiento hasta que el coche está parado y el disco deja de brillar. Puedes ayudarte con un dibujo o un esquema si lo prefieres.</p>

La Figura 15 nos permite observar la cronología de los momentos y las preguntas de cada dossier que conforman cada momento. Hemos agrupado los momentos en tres bloques: momentos iniciales (M1 y M2), momentos intermedios (M3 y M4) y momentos finales (M5, M6 y M7).

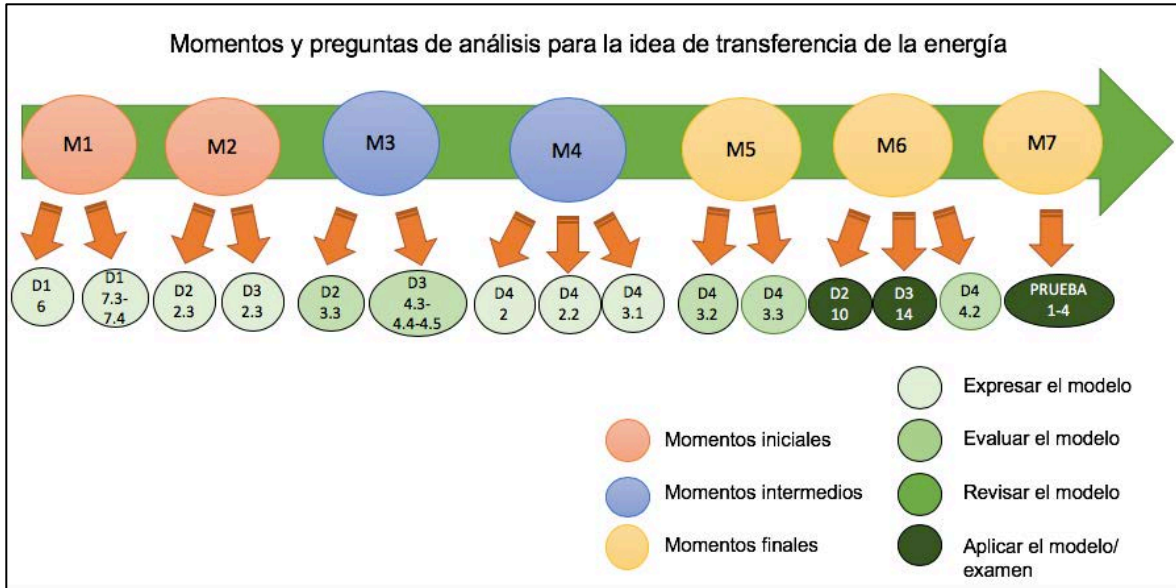



Figura 15. Momentos y preguntas seleccionadas para análisis de la idea transferencia o camino de la energía.

La idea de transferencia o camino de la energía tiene asociadas varias subideas acerca del comportamiento macroscópico y microscópico de cada uno de los mecanismos de transferencia de energía (calor y trabajo), que también hemos potenciado en la SEA.

Comenzaremos presentando las preguntas seleccionadas que tienen relación con la transferencia de energía a través de calor a nivel macroscópico y microscópico. Estas cuatro subideas pretenden profundizar la idea 2 con características propias del mecanismo de calor. Se pretende que los estudiantes identifiquen características macroscópicas como: que una transferencia de energía a través de calor ocurre hasta el equilibrio térmico, desde un cuerpo de mayor temperatura a uno de menor temperatura y que la rapidez del proceso puede verse afectada por los materiales de los cuerpos en interacción, áreas de contacto, entre otros factores y que a nivel microscópico analicen el aumento en el movimiento aleatorio de las partículas que componen a los cuerpos ante una transferencia de energía a través de calor.

Las preguntas seleccionadas para las subideas: calor macroscópico y microscópico, fueron agrupadas en cuatro momentos. La Tabla 28 ejemplifica los momentos y las preguntas asociadas a cada uno.

Tabla 28. Instrumento de recolección de datos para el análisis de las subideas de transferencia de energía a través de calor a nivel macroscópico y microscópico

Momentos	Nº Dossier	Preguntas seleccionadas
M1	D2	<p>Cansado de esperar ... Jordi decidió comprar aquellos bolsos térmicos que promocionan en televisión y dicen mantener la temperatura de los alimentos en su interior.... A la hora de almuerzo se dio cuenta que su carbonada estaba tibia y su yogurt y el agua se habían calentado.</p> <p>2.3.- Explica en tus palabras cómo crees que se ha pasado del estado inicial al final.</p> <p>3.1 ¿Qué le pasa al cuerpo más caliente y al más frío en relación con la Temperatura? ¿Por qué?</p> <p>4.- Explica qué crees que ha pasado con la temperatura del tupper transcurrido un cierto tiempo, relaciona tu explicación con el concepto de energía.</p> <p>7.-Volviendo a los experimentos que recién realizaste, piensa en el vaso con agua caliente que utilizaste, en el proceso que ocurrió para que llegara a ese estado y en el proceso que ocurrirá al cabo de un tiempo. Dibuja y explica cómo te imaginas el comportamiento de las partículas de agua y de las partículas de los materiales que forman los otros sistemas que están en interacción con ella, en esas tres fases.</p>
M2	D2	<p>3.4.-¿Cómo han afectado las modificaciones cada una de éstas a esta transferencia de energía?</p> <p>5.3.-¿Hasta cuándo se transfiere la energía en las distintas partes del sistema?, ¿Por qué?</p> <p>8.- Completa individualmente la siguiente tabla con tus observaciones y explicaciones del fenómeno. ¿Cómo crees que están las partículas del sistema?, ¿Cómo se ha transferido la energía para que quedara en ese estado?</p>
	D4	<p>2.2 ¿Qué camino ha seguido la energía, asociada a la luz del disco de frenos, desde que la rueda está en movimiento hasta que el automóvil está parado y el disco deja de brillar? (Menciona el origen de la energía, a dónde va y cómo se transfiere de un sistema a otro, etc.).</p>
M3	D2	<p>10.- Explica el fenómeno que ocurre en la bolsa térmica de Jordi integrando en tu respuesta todas las ideas del modelo que hemos aprendido (configuración de los sistemas, valor de la energía, tipos de energía, concepto de calor, etc.) e incluyendo aspectos macroscópicos y microscópicos en torno a la transferencia de energía a través de calor.</p>
	D4	<p>4.2.- A partir de lo que has medido y de la curva de temperatura obtenida...</p> <p>¿qué puedes decir sobre el camino de la energía?, ¿qué representa el calentamiento y el enfriamiento?</p>
M4	PRUEBA	<p>1.-El siguiente esquema representa en términos simples el funcionamiento de una central termoeléctrica. Explica la cadena energética con las ideas del modelo trabajadas en clases.</p>  <p>4.-Laura y Cristian son dos jóvenes muy aficionados a los Rallys de coches, y suelen ir a ver campeonatos o exhibiciones cuando se hacen cerca de casa...Cristian dijo: "Mira qué faros más tuning que se ha puesto el coche en el interior de las llantas de la rueda!".</p>

		Explica de dónde proviene y qué camino ha seguido la energía asociada a la luz del disco de frenos desde que la rueda está en movimiento hasta que el coche está parado y el disco deja de brillar. Puedes ayudarte con un dibujo o un esquema si lo prefieres.
--	--	---

La Figura 16 nos permite observar la cronología de los momentos y las preguntas de cada dossier que conforman cada momento. Hemos agrupado los momentos en tres bloques: momento inicial (M1), momento intermedio (M2) y momentos finales (M3 y M4).

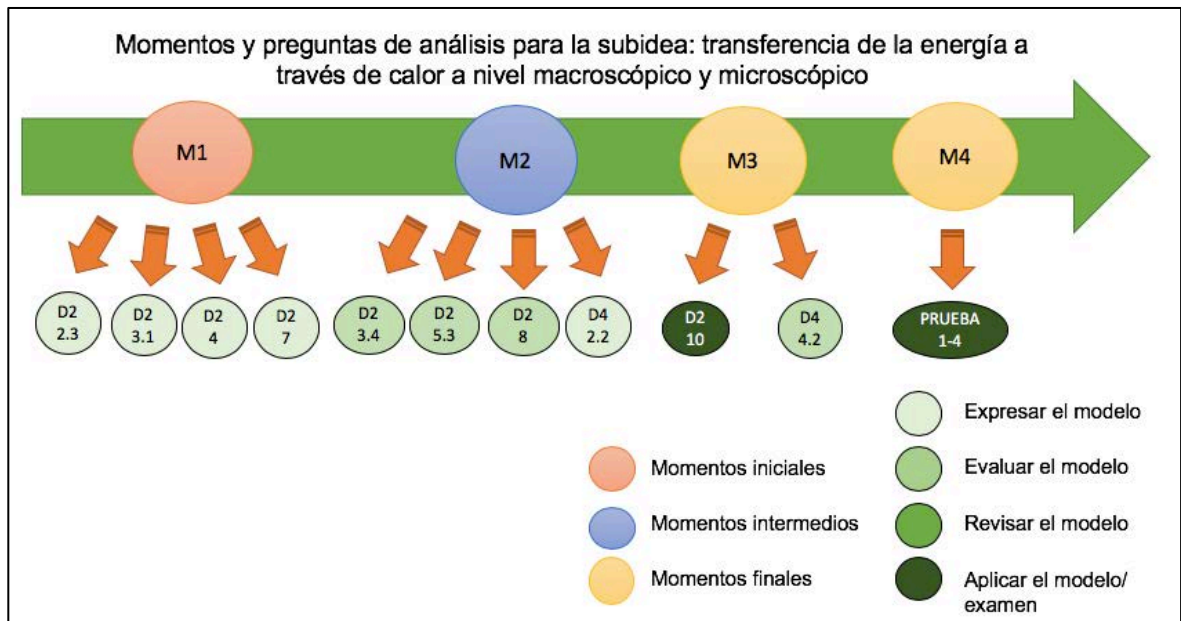


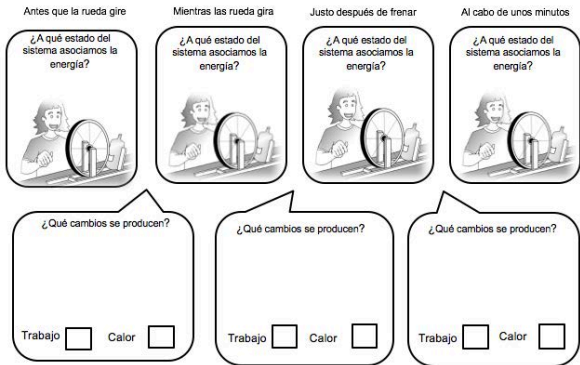
Figura 16. Momentos y preguntas seleccionadas para análisis de las subideas de transferencia a través de calor a nivel macroscópico y microscópico.

Para complementar la idea de transferencia o camino de la energía presentamos las preguntas seleccionadas que tienen relación con la transferencia de energía a través de trabajo a nivel macroscópico y microscópico. Estas dos subideas pretenden profundizar la idea de transferencia de la energía con características propias del mecanismo de trabajo. Se pretende que los estudiantes identifiquen características macroscópicas como: que no todas las fuerzas se asocian a una transferencia de energía a través de trabajo, que proceso de transferencia puede verse afectado por variables como los materiales de los cuerpos en interacción, entre otros factores y que a nivel microscópico analicen la coherencia que adquieren las partículas que componen a los cuerpos ante una transferencia de energía a través de trabajo.

Las preguntas seleccionadas para las subideas: trabajo a nivel macroscópico y microscópico, fueron agrupadas en cuatro momentos. La Tabla 29 ejemplifica los momentos y las preguntas asociadas a cada uno.

Tabla 29. Instrumento de recolección de datos para el análisis de las subideas de transferencia de energía a través de trabajo a nivel macroscópico y microscópico

Momentos	Nº Dossier	Preguntas seleccionadas
M1	D3	<p>En la vida cotidiana vemos a menudo colisiones, algunas que pueden ser aprovechadas, como por ejemplo para provocar el movimiento de una pelota cuando el futbolista la golpea con su pie o el tenista con su raqueta, mientras que en otros casos las colisiones están asociadas a accidentes, que dejan como consecuencias daños y pérdidas tanto humanas como materiales...</p> <p>2.3.-¿Cómo explicarías la relación de estos cambios y las variables asociadas a ellos, energéticamente?, ¿Qué ha pasado con la energía?</p> <p>4.6.- Recientemente mencionaste algunas consecuencias de la presencia de fuerzas en relación con la transferencia de energía en el momento de la colisión, pero...¿qué fuerzas estuvieron presentes en los diferentes momentos?</p> <p>4.7 ¿Cuáles crees que son las fuerzas responsables de la transferencia de energía que se produce en un choque?, ¿Por qué?</p> <p>7.-Completa en forma personal la siguiente tabla: ¿cómo crees que puede afectar modificar ciertas variables, a la transferencia de energía a través de trabajo?</p> <p>10.- Dibuja y explica cómo te imaginas el comportamiento de las partículas que componen a los autos y de las partículas de otros sistemas que están en interacción con ellas.</p>
M2	D3	<p>4.3.-¿Cómo interpretas tus resultados en términos de transferencias de energía?, ¿Cómo se han provocado?.</p> <p>4.4.- ¿Cómo interpretas tus resultados en términos de fuerzas? (qué han causado).</p> <p>4.5.- ¿Cómo explicas la relación de los cambios en el estado del sistema y las variables asociadas a ellos, energéticamente?, ¿Qué ha pasado con la energía antes y después del coche?.</p> <p>5.- ¿A qué conclusión puedes llegar respecto a las fuerzas asociadas a la transferencia de energía?</p> <p>8.4.-¿De qué depende que se transfiera más o menos energía mediante fuerzas que provocan desplazamientos/deformaciones?</p> <p>11.4.-¿Cómo se ha transferido la energía a nivel microscópico? (cómo se comportan las partículas ante la presencia de fuerzas y considerando además que el sistema está a T° ambiente).</p>
	D4	<p>2.2 ¿Qué camino ha seguido la energía, asociada a la luz del disco de frenos, desde que la rueda está en movimiento hasta que el automóvil está parado y el disco deja de brillar? (Menciona el origen de la energía, a dónde va y cómo se transfiere de un sistema a otro, etc.).</p>
M3	D3	<p>14.-Antiguamente, los autos estaban fabricados con materiales sólidos, que permitían disminuir las pérdidas materiales ante un choque, mientras que hoy en día se fabrican con materiales más deformables, lo curioso es que las pérdidas humanas son menores hoy en día.</p> <p>¿Cómo explicas este fenómeno en términos de transferencia de energía?</p>

	<p>D4</p>	<p>3.3.- En base a lo que has observado, completa el siguiente esquema</p>  <p>4.2.- A partir de lo que has medido y de la curva de temperatura obtenida... ¿qué puedes decir sobre el camino de la energía?, ¿qué representa el calentamiento y el enfriamiento?</p>
<p>M4</p>	<p>PRUEBA</p>	<p>4.-Laura y Cristian son dos jóvenes muy aficionados a los Rallys de coches, y suelen ir a ver campeonatos o exhibiciones cuando se hacen cerca de casa...Cristian dijo: "Mira qué faros más tuning que se ha puesto el coche en el interior de las llantas de la rueda!". Explica de dónde proviene y qué camino ha seguido la energía asociada a la luz del disco de frenos desde que la rueda está en movimiento hasta que el coche está parado y el disco deja de brillar. Puedes ayudarte con un dibujo o un esquema si lo prefieres.</p>

La Figura 17 nos permite observar la cronología de los momentos y las preguntas de cada dossier que conforman cada momento. Hemos agrupado los momentos en tres bloques: momento inicial (M1), momento intermedio (M2) y momentos finales (M3 y M4).

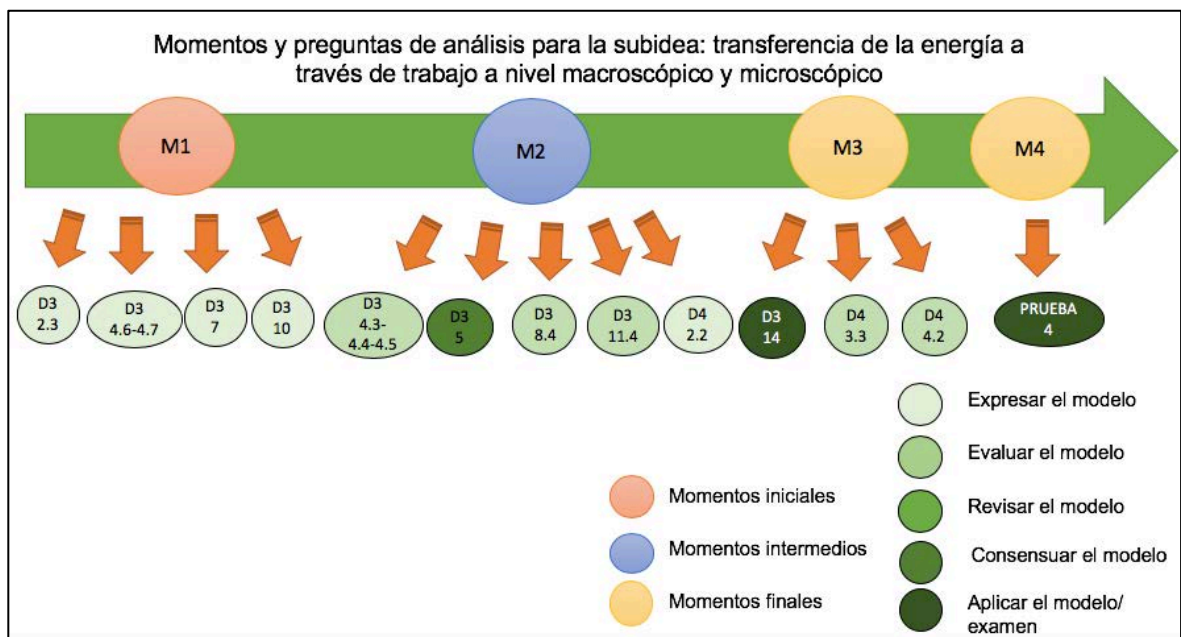
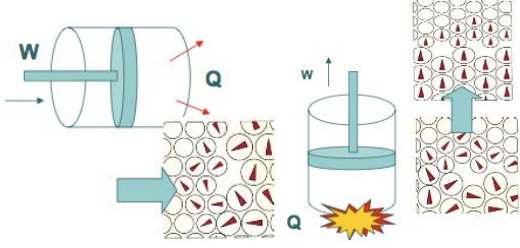


Figura 17. Momentos y preguntas seleccionadas para análisis de las subideas de transferencia a través de trabajo a nivel macroscópico y microscópico.

Finalmente hay una subidea que relaciona ambos mecanismos en términos de analizar si existe una equivalencia a nivel de aprovechamientos que se puede obtener de cada uno. Las preguntas seleccionadas para la subidea equivalencia de mecanismos, fueron agrupadas en dos momentos. La Tabla 30 ejemplifica los momentos y las preguntas asociadas a cada uno.

Tabla 30. Instrumento de recolección de datos para el análisis de la subidea equivalencia de mecanismos

Momentos	Nº Dossier	Preguntas seleccionadas
M1	D3	11.5.- ¿Qué diferencias hay con respecto al mecanismo de calor? (a nivel microscópico), ¿Serán mecanismos de transferencia de energía equivalentes entre sí, en términos de aprovechamientos?
M2	PRUEBA	3.- Explica por que calor y trabajo <u>no son</u> mecanismos de transferencia de energía equivalentes. Explica a nivel macro y micro. 

La Figura 18 nos permite observar la cronología de los momentos y las preguntas de cada dossier que conforman cada momento. Hemos agrupado los momentos en dos bloques: momento inicial (M1) y momento final (M2).

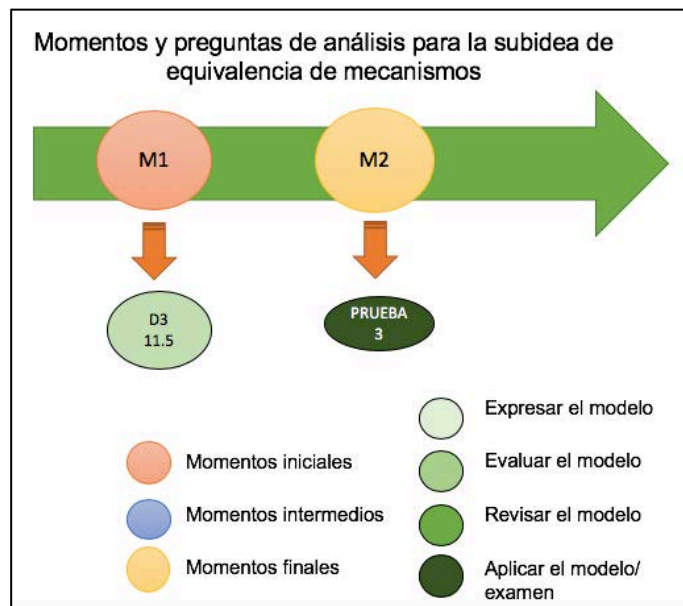


Figura 18. Momentos y preguntas seleccionadas para análisis de las subidea equivalencia de mecanismos.

3.3.3.3. Selección de preguntas en relación a las ideas de conservación y degradación de la energía

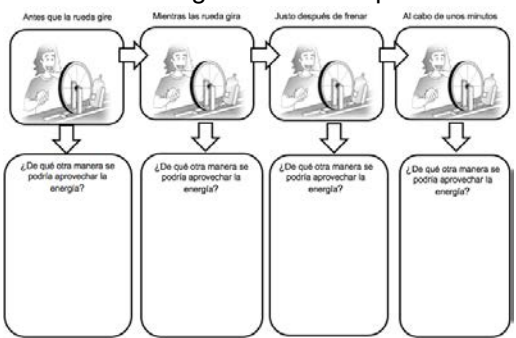

Para conocer la evolución de las ideas de cada estudiante en relación a la conservación y degradación de la energía, hemos seleccionado ciertas preguntas claves a lo largo de la secuencia didáctica, que nos brindan información con respecto a cómo los estudiantes son capaces de identificar que a pesar de que la energía se conserve, inevitablemente se degrada existiendo cada vez menos posibilidades de realizar nuevos cambios y que los cambios que ocurren son cada vez menos útiles y de menor calidad.

Las preguntas seleccionadas en torno a las ideas de conservación y degradación de la energía están agrupadas en cinco momentos y serán las mismas, debido a que son ideas complementarias y dependen una de la otra. La Tabla 31 ejemplifica los momentos y las preguntas asociadas a cada uno.

Tabla 31. Instrumento de recolección de datos para el análisis de las ideas de conservación y degradación de la energía.

Momentos	Nº Dossier	Preguntas seleccionadas
M1	D1	<p>6.- Intenta describir cuál es el camino que sigue la energía a lo largo del proceso, ¿a qué variables asocias la energía en cada momento?</p> <p>7.3 ¿Qué variables disminuyen y cuales aumentan en relación con ese cambio?</p> <p>7.4 ¿Qué pasa con la energía en cada cambio?</p>
M2	D2	<p>Cansado de esperar ... Jordi decidió comprar aquellos bolsos térmicos que promocionan en televisión y dicen mantener la temperatura de los alimentos en su interior.... A la hora de almuerzo se dio cuenta que su carbonada estaba tibia y su yogurt y el agua se habían calentado.</p> <p>2.3.- Explica en tus palabras cómo crees que se ha pasado del estado inicial al final.</p>
	D3	<p>En la vida cotidiana vemos a menudo colisiones, algunas que pueden ser aprovechadas, como por ejemplo para provocar el movimiento de una pelota cuando el futbolista la golpea con su pie o el tenista con su raqueta, mientras que en otros casos las colisiones están</p>

		<p>asociadas a accidentes, que dejan como consecuencias daños y pérdidas tanto humanas como materiales...</p> <p>2.3.-¿Cómo explicarías la relación de estos cambios y las variables asociadas a ellos, energéticamente?, ¿Qué ha pasado con la energía?</p> <p>7.2 ¿Crees que se transferirá toda la energía en la colisión en todos los casos?</p>
<p>M3</p>	<p>D2</p>	<p>10.- Explica el fenómeno que ocurre en la bolsa térmica de Jordi integrando en tu respuesta todas las ideas del modelo que hemos aprendido (configuración de los sistemas, valor de la energía, tipos de energía, concepto de calor, etc.) e incluyendo aspectos macroscópicos y microscópicos en torno a la transferencia de energía a través de calor.</p>
	<p>D3</p>	<p>8.3.- ¿Se ha transferido toda la energía?, ¿Qué crees que ha pasado con la energía que no se ha transferido?, ¿en qué se ha utilizado?</p> <p>8.4.-¿De qué depende que se transfiera más o menos energía mediante fuerzas que provocan desplazamientos y/o deformaciones?</p> <p>14.-Antiguamente, los autos estaban fabricados con materiales sólidos, que permitían disminuir las pérdidas materiales ante un choque, mientras que hoy en día se fabrican con materiales más deformables, lo curioso es que las pérdidas humanas son menores hoy en día.</p> <p>¿Cómo explicas este fenómeno en términos de transferencia de energía?.</p>
	<p>D4</p>	<p>2.2 ¿Qué camino ha seguido la energía, asociada a la luz del disco de frenos, desde que la rueda está en movimiento hasta que el automóvil está parado y el disco deja de brillar? (Menciona el origen de la energía, a dónde va y cómo se transfiere de un sistema a otro, etc.).</p> <p>2.3 ¿La energía que se ha invertido en mover la rueda y luego frenar el coche, se puede aprovechar para otra cosa? Explica.</p> <p>6.-Imaginemos que toda la energía que se asocia a los diferentes estados del sistema, la podemos representar en una cantidad con un vaso.</p> <p>A lo largo de todo el proceso ¿Dónde está la energía del vaso, se habrá perdido? Explica</p>

<p>M4</p>	<p>D4</p>	<p>4.- Hemos visto que en el proceso estudiado en cada cambio hay una transferencia de energía. Este proceso parece tener un final, es decir, con la rueda parada y fría no suceden más cambios. ¿Cómo podemos aprovechar la energía en cada etapa?</p>  <p>4.2.- A partir de lo que has medido y de la curva de temperatura obtenida...</p> <p>¿qué puedes decir sobre el camino de la energía?, ¿qué representa el calentamiento y el enfriamiento?</p> <p>4.3.- Con respecto a los aprovechamientos... ¿Qué ha pasado con la cantidad u utilidad de éstos a lo largo de la cadena?, ¿Cuáles son de mayor calidad: los aprovechamientos iniciales o finales?.. Entonces ¿qué pasa con la energía?</p> <p>6.- Imaginemos que toda la energía que se asocia a los diferentes estados del sistema la podemos representar en una cantidad con un vaso. A lo largo de todo el proceso ¿Dónde está la energía del vaso, se habrá perdido? Explica.</p>
<p>M5</p>	<p>D4</p>	<p>7.1.-Dibuja la situación que acabas de recrear con tus compañeros. 7.2.-¿Qué pasa con la cantidad de energía a lo largo de un proceso?, ¿se pierde?,¿Por qué?</p>
<p>M6</p>	<p>PRUEBA</p>	<p>1.-El siguiente esquema representa en términos simples el funcionamiento de una central termoeléctrica. Explica la cadena energética con las ideas del modelo trabajadas en clases.</p>  <p>4.-Laura y Cristian son dos jóvenes muy aficionados a los Rallys de coches, y suelen ir a ver campeonatos o exhibiciones cuando se hacen cerca de casa...Cristian dijo: "Mira qué faros más tuning que se ha puesto el coche en el interior de las llantas de la rueda!". Explica de dónde proviene y qué camino ha seguido la energía asociada a la luz del disco de frenos desde que la rueda está en movimiento hasta que el coche está parado y el disco deja de brillar. Puedes ayudarte con un dibujo o un esquema si lo prefieres.</p> <p>5.-Si has de comprar o alquilar un coche... Fíjate que las dos últimas datos que aparecen hacen referencia al "Consumo urbano" (es decir, dentro de la ciudad) y el "Consumo extraurbano" (es decir, cuando el coche se mueve por autopistas y carreteras). En ambos casos se refiere al/100Km, es decir, a los litros de gasolina que consume el coche de media para recorrer 100 Km. de distancia. ¿Qué diferencia hay entre la conducción dentro y fuera de la ciudad?.</p>

La Figura 19 nos permite observar la cronología de los momentos y las preguntas de cada dossier que conforman cada momento. Hemos agrupado los momentos en tres bloques: momentos iniciales (M1 y M2), momento intermedio (M3) y momentos finales (M4 y M5).

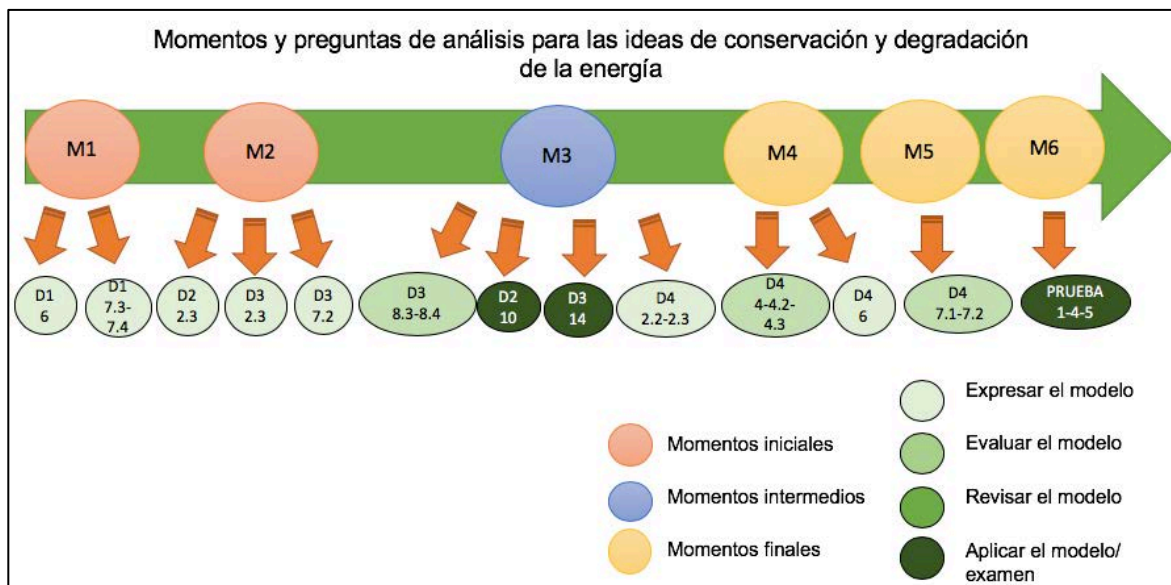


Figura 19. Momentos y preguntas seleccionadas para análisis de las ideas de conservación y degradación de la energía.

3.3.4. Preguntas del test de entrada y salida que constituyen nuestro instrumento de recolección de datos

Tal como hemos comentado, antes de la implementación de la SEA se aplicó un test de entrada a los futuros profesores, para conocer qué ideas relacionadas con la energía consideran importantes a enseñar en sus próximas clases. Y al finalizar la SEA se aplicó un test de salida con esta misma intención pero, además para conocer qué actividades de la implementación declaran que contribuyeron en su aprendizaje y para conocer sus percepciones respecto a la modelización. El diseño de estos test se inspira en una versión planteada por Garrido (2016).

Con el objetivo de averiguar los aspectos que los estudiantes consideran importantes a enseñar en torno a la energía, previo a la implementación de la SEA, se plantea una situación hipotética donde se les pide a los futuros docentes imaginar que deben explicar los temas relacionados con la energía a estudiantes de 16/18 años, expresando qué deberían llegar a saber los estudiantes de este campo de conocimientos. Esta pregunta

fue propuesta por Doménech et al. (2013) en un estudio donde consideran como hipótesis que los profesores iniciales hablan del concepto de energía con superficialidad.

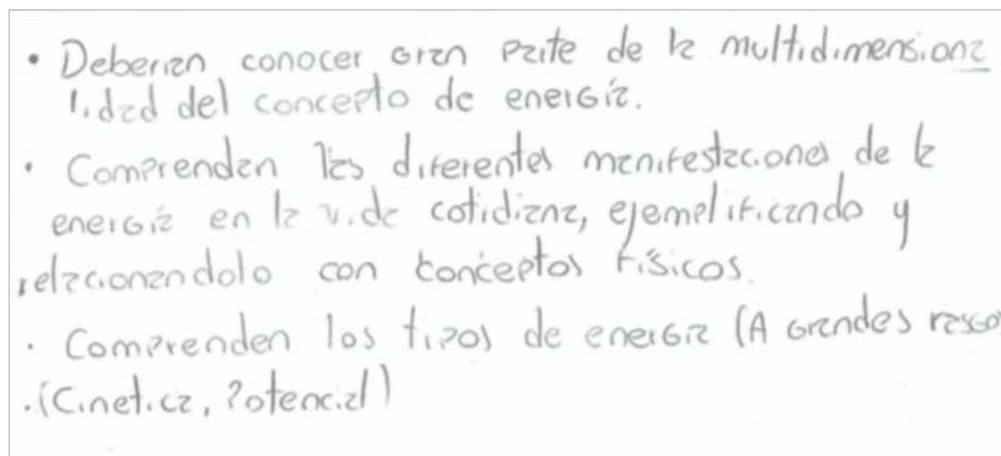
- 
- Deberían conocer gran parte de la multidimensionalidad del concepto de energía.
 - Comprenden las diferentes manifestaciones de la energía en la vida cotidiana, ejemplificando y relacionándolo con conceptos físicos.
 - Comprenden los tipos de energía (A grandes rasgos) (Cinética, Potencial)

Figura 20. Ejemplo del estudiante A1 en la pregunta abierta relacionada con la enseñanza de la energía en test de entrada.

Esta misma pregunta se volvió a realizar en el test de salida con el fin de comparar qué nociones tenían respecto a la enseñanza de la energía antes de la implementación y posterior a esta e identificar si existe alguna evolución de estas ideas en sus declaraciones.

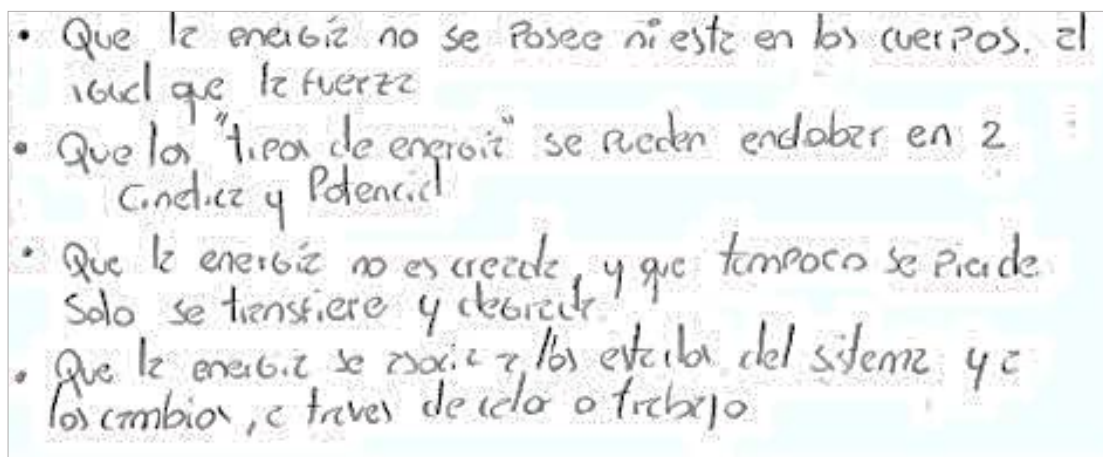
- 
- Que la energía no se posee ni está en los cuerpos, al igual que la fuerza
 - Que los "tipos de energía" se pueden dividir en 2: Cinética y Potencial
 - Que la energía no es creada, y que tampoco se pierde. Solo se transfiere y divide.
 - Que la energía se relaciona con los estados del sistema y con los cambios, a través de calor o trabajo.

Figura 21. Ejemplo del estudiante A1 en la pregunta abierta relacionada con la enseñanza de la energía en test de salida.

Por otra parte, para conocer qué actividades declaran los futuros profesores que han contribuido en su aprendizaje, se realizó una pregunta en el test de salida en la que se plantea un listado de actividades relacionadas con las que ejecutaron a lo largo de la SEA,

por ejemplo: poner a prueba tus ideas, ejecutar actividades experimentales, leer artículos científicos, revisar y consensuar tus ideas con tus compañeros, etc. Algunas de las actividades mencionadas tienen directa relación con el proceso de modelización y el resto de las actividades son de naturaleza diferente, algunas relacionadas con actividades procedimentales en el laboratorio u actividades enviadas como tareas externas a la implementación. Se solicitó que escogieran las 5 actividades que les gustaría estuviesen presentes en su clase de ciencias ideal y que justificaran su elección. La intención de este apartado es identificar si se sienten interesados por actividades de naturaleza modelizadora.

1. Pensar qué pasa y por qué, antes de realizar un experimento (Por ej. Responder a la pregunta "¿Qué esperas que suceda con el gas encerrado en el recipiente, al momento en que se presiona el pistón? O hacer un dibujo inicial sobre cómo te imaginas un fenómeno (ej. "¿Cómo te imaginas que es el movimiento de las partículas del gas al momento de presionar el pistón? Dibújalas").	X
2. Hacer experimentos y trabajo de laboratorio de manera autónoma utilizando diversos instrumentos y materiales (Por ej. Conectar las fotopuertas y configurar el programa data studio, medir con el pie de metro, mover un coche y medir su velocidad, utilizar la balanza, cambiar la masa del coche, etc.).	X
3. Hacer el esfuerzo de aplicar las ideas que hemos aprendido en un fenómeno nuevo (ej. "Intentar explicar por qué se observa nieve en el techo de una casa y en el techo de otra casa no, siendo que ambas son de la misma región y tienen el mismo sistema de calefacción").	
4. Tener bien redactadas, al final de cada tema, las ideas clave que hemos trabajado (ej. Diapositivas donde están escritas de manera más científica y correctas las "ideas clave" o la base de orientación para aplicar tus ideas que se han discutido en clase).	X
5. Después de hacer un experimento, dar cuenta de hasta qué punto los resultados cuadran con mi explicación o dibujo inicial (Por ej: después de medir la presión, volumen y temperatura de un gas encerrado en un recipiente, intentar hacer cuadrar estas ideas con lo que inicialmente mencionabas que pasaría con el gas encerrado y tu dibujo del movimiento de las partículas).	
6. Aprender nombres o vocabulario científico relevante en el tema (ej. calor, energía, temperatura, fuerzas,...), fórmulas importantes (Por ej: La fórmula de la energía cinética) o principios científicos (Por ej: Principio de conservación de la energía).	
7. Replantear y revisar la explicación que había dado a un fenómeno después de haber trabajado ese tema (Por ej: Después de explicar como se comportaban las partículas del gas encerrado, ver una simulación de lo que ocurre y discutir estas ideas con mis compañeros).	X
8. Realizar tareas complementarias para aplicar los conocimientos de cada clase a otras situaciones (Por ej: analizar un capítulo del programa "no tan obvio" o "cosmos" o hacer un ensayo de cómo afecta este conocimiento a la sociedad en la que vivimos, etc.)	
9. Consensuar la mejor explicación a un fenómeno conjuntamente con toda la clase, después de discutir con compañeros y profesor.	X
10. Hacer una reflexión en torno a los aprendizajes que tuviste en cada sesión, identificando los aspectos del diseño que más te ayudaron a aprender en torno a un tema y sugiriendo otros que te hubiesen contribuido más en tu formación como futuro profesor.	
11. Hacer lecturas de artículos relacionados con el modelo que estamos trabajando (Por Ej: La lectura "Enseñar la energía en secundaria").	
12. Que la actividad comience con una pregunta que permita mirar el fenómeno de una manera determinada (Por ej: ¿Cuál es la diferencia entre las plumas de los pájaros que viven en zonas frías y los que viven en zonas cálidas?, ¿Para qué	

Figura 22. Ejemplo de selección de actividades que realiza el estudiante A1 en test de entrada.

Para profundizar estos aspectos, se realizan dos preguntas en forma más directa, donde se solicita que identifiquen las actividades que más contribuyeron en su aprendizaje y las

que hicieron falta para aprender mejor. Estas preguntas también nos permiten evaluar la asignatura desde la perspectiva de la vivencia de los estudiantes.

Para conocer tus ideas sobre la asignatura, les pedimos que respondan este cuestionario con total sinceridad. Sus respuestas servirán para mejorar la asignatura, en ningún caso para evaluar sus preguntas.

1.1. ¿Qué actividades de las que hemos hecho en la asignatura te han ayudado más a aprender ciencias?

La actividad de los coches que chocan para entender el concepto de trabajo como un mecanismo de transferencia de energía

1.2. ¿Qué has echado de menos en la asignatura que te hubiera ayudado a aprender más o mejor?

Si hubiesen existido momentos para tomar un "break" ya que los contenidos eran muy extensos

Figura 23. Ejemplo de respuesta de estudiante A3 para evaluar la asignatura.

Finalmente, las últimas preguntas que forman parte de nuestros instrumentos de recolección de datos se plantean con el objetivo de analizar si los estudiantes son capaces de identificar la metodología aplicada durante la implementación y su percepción de esta.

Se plantean tres propuestas de enseñanza - aprendizaje hipotéticas:

- Propuesta 1: Propuesta de indagación
- Propuesta 2: Propuesta de modelización
- Propuesta 3: Propuesta basada en el contexto y la comunidad

En base a estas se les pide identificar qué propuesta se parece más a lo que hemos realizado en la asignatura y mencionar cuál de esas tres propuestas se parece más a lo que ellos harían en sus futuras clases de ciencia. También se plantea una pregunta abierta en la que se les pide imaginar que tienen que explicar a una persona que no conoce la asignatura cuál es la forma de enseñar ciencias que hemos planteado.

3. Lee estas tres propuestas de actividades de aula y responde las preguntas a continuación:

Propuesta 1. Diseñamos el mejor sistema de aislación térmica!!

Se pide a los alumnos que seleccionen diferentes materiales que se pueden usar para la construcción de una habitación y se pregunta: "¿Cuál de ellos permite que la energía no se disipe en una habitación?". Se les pide que piensen en un posible diseño experimental para escoger el mejor aislante. En grupos pequeños, piensan diferentes estrategias, llevan a cabo el experimento pensado y toman nota de los resultados obtenidos con cada material. Cada grupo presenta su propuesta de mejor aislante, describiendo qué materiales son mejores conductores de la energía a través de calor y cuales son mejores aislantes. Al final entre todos se decide cuál es el mejor material a través de una votación.

Propuesta 2. ¿Cómo podríamos aislar una habitación para que no pierda energía?

En grupos pequeños, se les presenta a los estudiantes diferentes fotografías de materiales que sirven para la construcción de una habitación. Se les pide a los estudiantes que dibujen una habitación con materiales que ayuden a que no pierda energía a través de calor y que dibujen cómo creen que pasa la energía a través de calor por ella. Después los estudiantes simulan con diferentes materiales lo que sucede con la energía en una habitación, miden la temperatura de enfriamiento de agua contenida en materiales conductores y aislantes y toman nota de los resultados obtenidos. Después vuelven a dibujar como creen que se transfiere la energía, a través de calor, en una habitación construida con materiales aislantes o conductores. Al final comparan sus dibujos con los de los compañeros para consensuar un modelo final mejor que explique este fenómeno y luego el profesor plantea una nueva situación para plasmar sus modelos en ella.

Propuesta 3: ¿Qué contamina más?

La profesora explica que existen diferentes formas de calefacción para nuestros hogares, algunas pueden ser a través de la quema de combustibles fósiles, otros pueden ser a partir de un aprovechamiento eléctrico o simplemente diseñando una casa con los materiales adecuados para evitar las transferencias de energía con el entorno. La profesora enfatiza que elegir un sistema de calefacción correcto permite mejorar la calidad de vida de nuestras familias y del entorno. En grupos, se pide a los alumnos que hagan una listado de métodos de calefacción que usan ellos, sus familias y vecinos y que señalen cuales creen que con más perjudiciales para el medio ambiente y para la economía familiar. Hacen una búsqueda en internet sobre qué sustancias son más nocivas para su uso en la calefacción de nuestros hogares, y miran si sus ideas coinciden con la información encontrada. Al final, los alumnos deben contar sus hallazgos a familiares y vecinos.

Figura 24. Ejemplo de las tres propuestas de enseñanza aprendizaje hipotéticas planteadas en el test de salida.

Primero, la presentación de una situación cotidiana, luego, preguntarle al por qué se debe, lo que él (o ella) piensa. A continuación generar una actividad que se asimile a la situación cotidiana inicial y analizar que es lo que ocurre, para que finalmente se llegue a un modelo e idea de lo que está ocurriendo dentro del marco científico

Figura 25. Ejemplo de la descripción que realiza el estudiante A3 del tipo de clase implementada.

A través de todas las preguntas que hemos dado a conocer pretendemos obtener la información que nos permita dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas.

3.4. Estrategia de análisis de datos

3.4.1. Análisis y evolución del modelo de energía de los estudiantes

Nuestro análisis surge de la combinación de un análisis inductivo y deductivo, considerando que las categorías de análisis de datos surgieron de las respuestas de los estudiantes en combinación con aspectos del MCE de energía expuesto en el marco teórico (capítulo 2).

Realizamos una propuesta de categorías para cada una de las ideas del modelo y sus subideas, basándonos en el MCE de energía descrito y un estudio previo de evoluciones de modelos conceptuales de energía en estudiantes de 4º de ESO y primero de Bachillerato, realizada en el contexto de nuestra investigación de fin de máster (Soto, 2013; Soto et al., 2017). Asociamos códigos a dichas categorías y realizamos una validación analizando a un pequeño grupo de estudio de la muestra. Seleccionamos a siete estudiantes, considerando a algunos de buen, regular y bajo rendimiento académico (en término de sus notas de primer año de formación en la carrera), y analizamos sus respuestas de las preguntas descritas anteriormente utilizando el software Atlas.ti.

EXPLICACIÓN (personal) Después de realizar esta experiencia... ¿Qué es lo que aprovechamos del agua para generar energía?	EXPLICACIÓN (personal) ¿De qué depende que aprovechemos más o menos la energía? ¿Por qué?	D1-A1-5... INICIAL AP A1_D1_M2AP AP3
<ul style="list-style-type: none"> • Aprovechamos su cercanía por fluir en un medio, y además su rango de temperatura es el adecuado de su estado. • Además le altura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Depende del fin por el que queremos la energía. Si bien el agua caliente es muy energética, por el precio que le utilizamos no vale mucho el volteje. • Depende del mecanismo. 	

Figura 26. Ejemplo de codificación en software Atlas.ti.

Identificamos si las categorías planteadas permitían clasificar a los estudiantes en un estadio determinado, mejoramos las categorías con falencias y complementamos las que presentaban carencia de elementos que entregaban los estudiantes en sus respuestas, para extender el análisis a la muestra completa. Las categorías planteadas y el análisis realizado fue discutido con otros investigadores para una mayor validez. Las categorías serán presentadas con profundidad en los resultados y en ellas podremos observar su descripción, su código y un ejemplo de un estudiante asociado a cada una. Hemos

asignado un color a cada gran idea y subidea y lo hemos degradado para simbolizar a cada estadio del MCE.

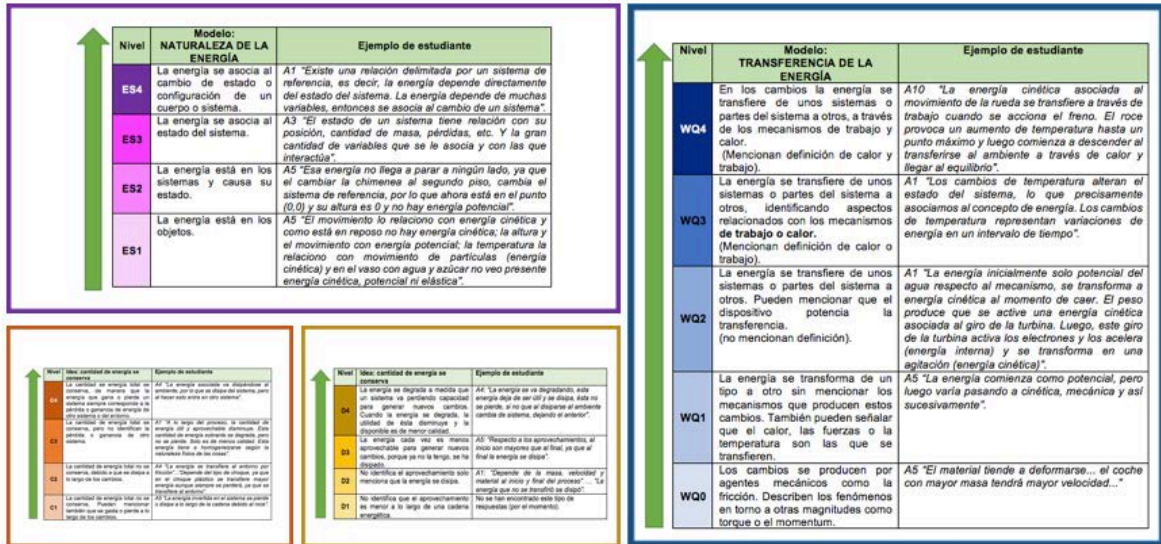


Figura 27. Ejemplo de categorías de las ideas naturaleza de la energía, transferencia, conservación y degradación de la energía.

Una vez definidas las categorías de análisis se procedió a analizar a los 22 estudiantes. Las categorías que asociamos a cada estudiante en cada una de las ideas y subideas fueron trasladadas a una tabla de resumen. Como algunos de los momentos analizados estaban compuestos por conjuntos de preguntas, en ocasiones de un mismo dossier o de dossiers distintos, se procedió a situar a los estudiantes en un solo estadio para cada idea en cada momento con la intención de posteriormente identificar la evolución de sus ideas del modelo de energía.

Para situar a cada estudiante en un solo estadio (en cada idea) se consideraron dos opciones. En algunos casos, se escogió el estadio más sofisticado (en cada momento), que generalmente iba asociado a una mayor frecuencia o en situaciones de estadios impares, mientras que otros casos se determinó el estadio en base al más predominancia en sus respuestas, es decir, un estudiante podía tener dentro de un momento un estadio superior pero, si al leer todas sus respuestas del momento predominaba más otro estadio, se procedió a escoger ese.

En la siguiente figura podemos observar la tabla resumen de estadios de la idea de naturaleza de la energía y con color rojo se ejemplifica el proceso de selección de varios estadios por momento a solo un estadio por momento.

ES4 1. NATURALEZA DE LA ENERGÍA/ALUMNOS

Momentos	Nº Desarrollo	Preguntas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22		
M1	D1	2.2	E3	E3	E3	E2	E1	E3	E3	E3	E3	E2	E3	E2	NA	E3	E3	E2	E3	E3	E2	E3	E3	NA		
M2	D1	7.0	E3	E3	MEC	E1	NA	E3	E3	E4	E3	E2	E3	NA	E4	E3	NA	E3	E4	E2	E3	E3	E3	E1		
M3	D2	2.1	E4	E4	E4	E3	E3	E4	E3	E3	E3	E4	E3	E3	E3	E3	E3	E4	E3	E3	E4	E4	NA			
	D2	2.2	E4	E4	E4	E4	E3	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	NA			
	D3	2.1	E4	E4	E4	E4	E3	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	NA			
		2.3																								
ESTADIO INICIAL																										
M4	D1	3.2	E4	E4	E3	E3	NA	E3	E4	E4	NA	E4	E4	E2	NA	NA	E3	NA	NA	E3	E3	E3	NA			
	D2	3.3	E4	E4	E4	E3	E4	E4	NA	E4	E4	E4	E3	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	
	D3	4.5	MEC	E4	E4	E4	NA	NA	E4	NA	E4	E4	NA	E3	NA	E4	E4	NA	E3	E4	NA	E3	E4	NA	E4	
M5	D4	2.0	E4	E4	E4	E3	E4	E4	MEC	E4	NA	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	
ESTADIO INTERMEDIO																										
M6	D1	3.4	E3	E4	E4	E3	E2	E3	NA	NA	NA	E4	E3	E3	NA	E3	E4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	D2	9.0	E4	E4	E4	E4	E2	E4	NA	E4	E4	NA	E4	NA	E3	NA	E3	E3	E4	E3	E3	E3	E3	E3	E3	
	D4	3.3	E4	E4	E4	E4	NA	E4	E4	NA	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4	E4
M7	P.VUF	8																								
	8	E4	E4	E4	E4	E3	E4	E4	E2	E4	E4	E3	E3	E3	E3	E3	E3	E3	E3	E3	E3	E3	E3	E3	E3	
	8																									
	6																									
ESTADIO FINAL																										

Figura 28. Ejemplo de criterio de selección de varios estadios por momento a un estadio por momento.

Considerando que uno de nuestros objetivos es analizar la evolución del modelo de energía de nuestros estudiantes a partir de la implementación de una SEA; compartimos la importancia que dan Duschl et al. (2011) a que las ideas científicas escolares no sean estudiadas en forma fragmentada, sino que estén presentes desde versiones sencillas en el inicio de una SEA y se vayan sofisticando en el transcurso de la implementación. Bajo esa perspectiva analizamos la evolución de la comprensión de las ideas del modelo energético.

Una vez establecido el estadio de la idea del MCE de energía para cada estudiante en cada momento, realizamos un análisis cuantitativo a través de gráficos que nos permitieron visualizar la evolución global de los estudiantes.

El diseño de los gráficos fue inspirado en las investigaciones de Hernández (2012) y Garrido (2016). Estos gráficos consisten en esferas que nos muestran el porcentaje de estudiantes situados en los diferentes estadios de un modelo a lo largo de diferentes momentos. En la Figura 29 mostramos un ejemplo de las autoras señaladas y en el capítulo

de resultados (capítulo 4.) se explicará la forma de interpretar nuestros gráficos en base a los resultados obtenidos de nuestra investigación.

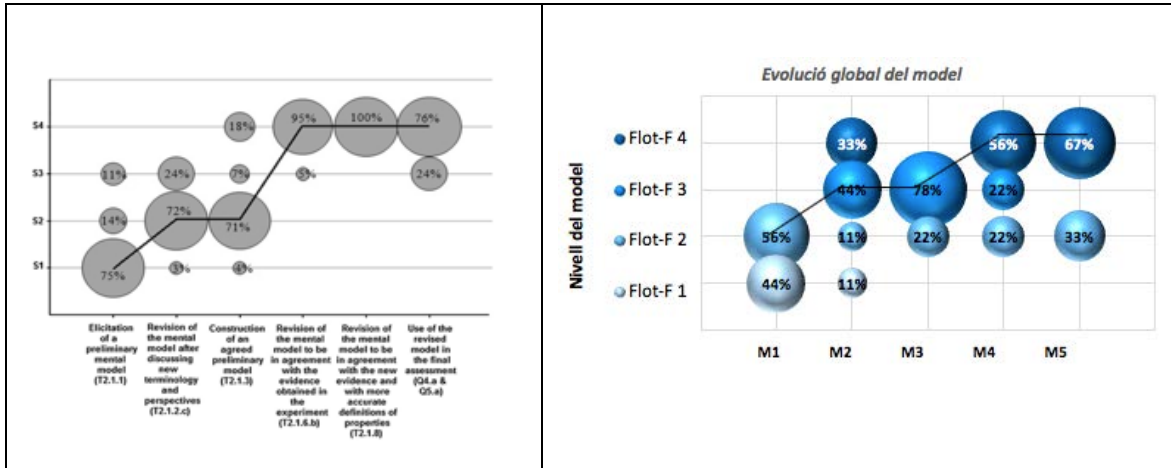


Figura 29. Ejemplos de gráficas de progresiones de aprendizaje de estudios anteriores.

A la izquierda del modelo de propiedades acústicas de los materiales de Hernández (2012). A la derecha progresión de aprendizaje del modelo de flotabilidad de Garrido (2016).

3.4.2. Análisis de las actividades que han influido en una mayor evolución de los MCE de energía de los estudiantes

Considerando que uno de los focos principales de esta investigación fue la elaboración de una SEA modelizadora del MCE de energía, nos interesa conocer cuáles fueron las actividades que más influyeron para que los futuros profesores de física y matemática evidenciaran una mayor evolución en sus modelos de energía.

A partir del análisis del modelo de energía de los futuros profesores en cada momento, realizamos un análisis que nos permitió identificar en cada transición de un momento a otro cuántos estudiantes evolucionaron, cuántos se mantuvieron en un mismo estadio y cuántos retrocedieron a un estadio inferior. A partir de este análisis cuantificamos la cantidad de saltos que experimentan los estudiantes, identificamos desde qué estadio parten y a qué estadio llegan en cada transición.

Y finalmente, las transiciones nos permitieron identificar cuáles fueron las actividades asociadas a una mayor evolución de los modelos de energía de los estudiantes. Intentamos identificar a qué fase del ciclo de modelización pertenecían las actividades detectadas.

3.4.3. Análisis de nivel de dominio del MCE de energía al inicio y al finalizar la implementación de una SEA centrada en la modelización

Los niveles de dominio de las ideas del MCE de energía surgen del estudio individual (de cada estudiante) de la evolución de las ideas del modelo de los futuros profesores de física y matemática. Estos niveles están asociados a la dimensión de conocimiento del contenido propuesta por Shulman (1986) pues a través de ellos identificaremos el grado de dominio de cada idea del MCE de energía de cada estudiante en un momento inicial y al finalizar la SEA y el tipo de modelo que se infiere de sus producciones (aspectos relacionados con la energía que mencionan).

Representamos estos niveles de dominio del modelo energético de los futuros profesores a través de gráficas inspiradas en una investigación de Ferrer (2016). El autor utiliza unas representaciones radiales o también conocidas como gráficos de estrella para analizar el grado de profundidad de ciertos recursos didácticos relacionados con la enseñanza de la energía. Este tipo de representación nos resultó ser muy útil para poder visualizar en una misma figura ciertas dimensiones, en nuestro caso cada una de las ideas del MCE de energía, e identificar fácilmente el grado o nivel de sofisticación o coherencia de cada una de ellas a través de la amplitud del polígono en cada uno de los ejes. Así como la forma geométrica de la gráfica (más equilibrada o redondeada, asimétrica, etc.) nos permitió identificar el tipo de modelo que evidencian los futuros profesores en un momento inicial y final.

Hemos utilizado el recurso para maestros llamado corubrics, disponible en forma gratuita en internet, que surge con la intención de prestar ayuda a los docentes con la elaboración de rúbricas de evaluación. En una de las opciones del programa se encuentran las denominadas dianas de aprendizaje, que son representaciones que se utilizan para mostrar en forma gráfica determinados criterios de evaluación de los estudiantes y el desempeño de estos. Visual y rápidamente se pueden observar las fortalezas y debilidades de los alumnos.

Hemos construido dianas de aprendizaje para cada uno de los futuros profesores en un momento inicial y final de la SEA para evidenciar su nivel de dominio del MCE en ambos momentos y poder compararlos posteriormente. Estos momentos iniciales y finales fueron escogidos en base al análisis de la evolución global del modelo de energía de los

estudiantes, buscando aquellos momentos representativos para cada idea del MCE. El criterio de selección de estos momentos será descrito en los resultados.

En la parte superior del eje de las ordenadas representamos la idea de naturaleza de la energía (ES), en la parte inferior de este la idea de degradación de la energía (D). A la derecha del eje de las abscisas representamos la idea de transferencia de la energía (WQ) y a la izquierda de este la idea de conservación de la energía (C). La numeración en los ejes representa el nivel del estadio de cada idea en el que se sitúan los futuros profesores en un momento inicial y final.

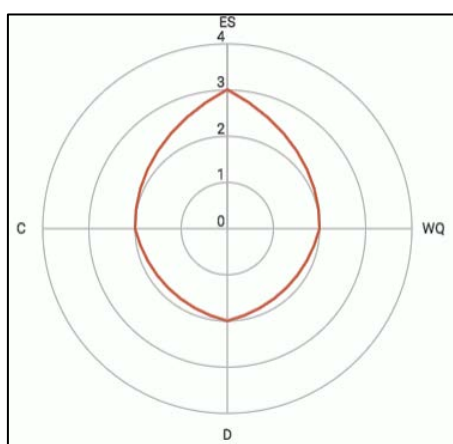


Figura 30. Ejemplo de representación de niveles de dominio del modelo de energía de los futuros profesores.

Hemos representado con color rojo los niveles de dominio inicial y con color amarillo los niveles de dominio final del MCE de energía de los futuros profesores de física y matemática.

3.4.4. Análisis de las declaraciones de los estudiantes en el test de entrada y salida

Realizamos un análisis de las respuestas abiertas de las preguntas del test de entrada y salida en la que se les solicita a los estudiantes mencionar qué aspectos en relación con la energía enseñarían en sus futuras clases.

Analizamos estas respuestas en base a las categorías levantadas para el análisis de las ideas del modelo de energía que evidencian los estudiantes y luego graficamos los resultados identificando los aspectos relacionados con cada idea del MCE y aquellos aspectos que no están relacionados con nuestro MCE objeto de estudio.

Posteriormente realizamos una gráfica comparativa entre el momento inicial y final para identificar qué aspectos surgen posterior a la implementación de la SEA.

3.4.5. Análisis de los niveles de dominio del MCE de energía declarado por los futuros profesores

Los niveles de dominio del MCE de energía declarado son la componente asociada al conocimiento didáctico del contenido que manifiestan los futuros profesores de física y matemática (Shulman, 1986), pues surgen de las respuestas que declaran los profesores en el test de salida una vez finalizada la SEA.

Representaremos estos niveles de dominio declarado con las dianas de aprendizaje del recurso didáctico corubrics y comparamos los resultados de estos niveles con los niveles de dominio del MCE de energía en un momento final, con la intención de identificar que relación existe entre sus modelos construidos y sus declaraciones, es decir, que relación existe entre los aspectos del conocimiento del contenido y los conocimientos didácticos del contenido. Hemos representado con color azul los niveles de dominio del MCE de energía declarado.

3.4.6. Actividades que declaran los futuros profesores que han contribuido en su aprendizaje y percepciones respecto a la modelización

En relación con el análisis de las actividades que los futuros profesores de física y matemática declaran que han contribuido en su aprendizaje o que les han hecho falta para aprender mejor, hemos analizado sus respuestas identificando qué aspectos están relacionados con la modelización o con otro tipo de metodologías de enseñanza y las representamos a través de redes sistémicas.

Este método fue propuesto por Bliss y Ogborn (1983; 1985) con la finalidad de poder averiguar qué entendemos de las respuestas de un estudiante que surgen a partir de una entrevista o cuestionario abierto (Jorba y Sanmartí, 1996). Nuestro análisis surge de la combinación de un análisis inductivo y deductivo, ya que las grandes dimensiones y categorías de nuestra red sistémica, surgen de las respuestas de los estudiantes y también sugeridas de las investigaciones en torno a la modelización expuestas en el marco teórico.

Las respuestas que brindan los estudiantes respecto a la preferencia de las 5 actividades realizadas en la implementación de la SEA, que utilizarían en sus clases de ciencias las hemos representado en una gráfica de frecuencia, en la que identificamos con un degradé de verdes (en base a la denominación que da Garrido (2016) a las fases de modelización) aquellos aspectos relacionados con la modelización y con color naranja actividades de otra naturaleza realizadas en clases.

Finalmente, hemos analizando cuantitativamente cuántos estudiantes identifican la propuesta implementada en la SEA y hemos representado esos resultados en gráficos de frecuencia.

3.4. Esquema resumen de estrategia y recolección de análisis de datos

La Figura 31 resume las estrategias de recolección y análisis de datos para responder a las preguntas 1 y 2 de esta investigación, es decir, para poder analizar la evolución de los modelos energéticos de los futuros profesores e identificar qué actividades promueven la evolución de sus modelos.

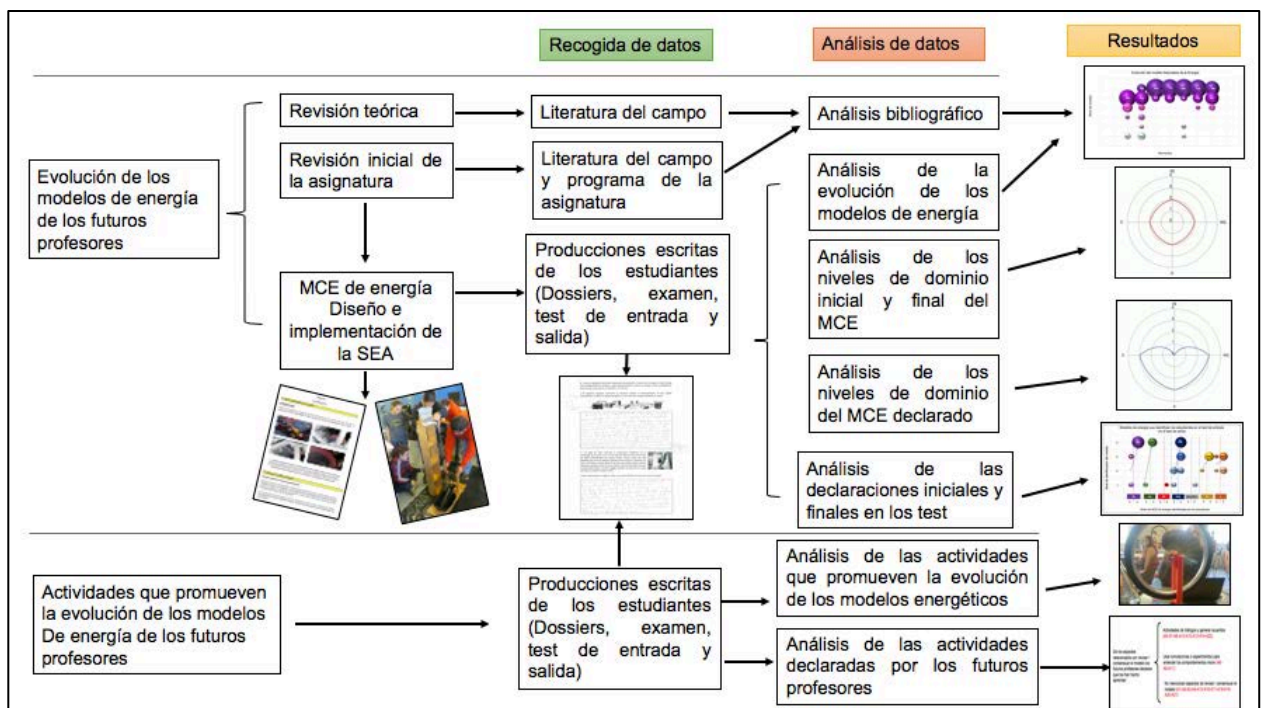


Figura 31. Síntesis de la estrategia de recolección y análisis de datos

CAPÍTULO 4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados serán presentados en conjunto para dar respuesta a las preguntas 1 y 3:

1.- ¿Cómo evolucionan los modelos globales de energía de los futuros profesores de física y matemática hacia el MCE de energía que se espera construir con la implementación de una SEA centrada en la modelización?

3.- ¿Qué actividades o aspectos del diseño de la SEA contribuyen en mayor medida en la evolución global del modelo de energía de los futuros profesores de física y matemática?

Para ello, a medida que analizamos la evolución global de los modelos de energía de los futuros profesores de física y matemática, iremos identificando qué aspectos o actividades fueron claves en esta evolución en cada una de las ideas del modelo de energía de los estudiantes.

A continuación presentaremos los resultados para dar respuesta a las preguntas 2.1, 2.2 y 2.3:

2.1.-¿Qué niveles de dominio de las ideas del MCE de energía predominan al iniciar la implementación de una SEA centrada en la modelización en los futuros profesores de física y matemática?

2.2.-¿Qué niveles de dominio de las ideas del MCE de energía predominan al finalizar la implementación de una SEA centrada en la modelización en los futuros profesores de física y matemática?

2.3.-¿Qué evolución se ha producido entre los niveles de dominio de las ideas del MCE de energía al inicio y los niveles de dominio de las ideas del MCE de energía de los futuros profesores de física y matemática al finalizar la implementación de una SEA?

Presentaremos los niveles de dominio de las ideas del MCE de energía que predominan al iniciar la SEA y posterior a la implementación de esta y realizaremos una comparativa entre estos dos momentos (inicial y final).

Posteriormente presentaremos los resultados para dar respuesta a las preguntas 2.4, 2.5 y 2.6:

2.4.-¿Qué ideas importantes a enseñar declaran los futuros profesores de física y matemática antes y después de la implementación de la SEA?

2.5.-¿Qué nivel de dominio de las ideas importantes a enseñar en relación con la energía declaran los futuros de física y matemática al finalizar la SEA (nivel de dominio del MCE declarado)?

2.6.- ¿Qué relación existe entre los niveles de dominio de las ideas del MCE de energía finales y los niveles de dominio del MCE declarado de los futuros profesores de física y matemática?

Realizaremos una comparativa de las ideas que declaran los futuros profesores de física y matemática como importantes a enseñar en relación con la energía en el test de entrada y en el test de salida. A partir de las ideas mencionadas en el test de salida identificaremos los niveles de dominio del MCE declarado de cada estudiante en relación con las ideas importantes a enseñar de la energía. Luego realizaremos una comparativa entre estos niveles de dominio del MCE declarado con los niveles de dominio del MCE para analizar si existe una coherencia entre los conocimientos del contenido de los futuros maestros (sus modelos construidos) y los aspectos relacionados con sus conocimientos didácticos del contenido (sus declaraciones).

Finalmente presentaremos los resultados para dar respuesta a las preguntas 3.1 y 3.2:

3.1.- ¿Qué aspectos declaran los futuros profesores de física y matemática que fueron relevantes para aprender durante la implementación?

3.2.-¿Qué relación existe entre las actividades o aspectos del diseño de la SEA que contribuyen en mayor medida en la evolución del modelo global de energía de los futuros profesores de física y matemática y los aspectos que ellos declaran que fueron relevantes para aprender durante la implementación?

Identificaremos qué actividades declaran los estudiantes que han contribuido en su aprendizaje, qué actividades declaran que han hecho falta para aprender mejor y sus percepciones de la SEA implementada. Posteriormente relacionaremos estos resultados con las actividades que hemos detectado que realmente contribuyen en la evolución de los modelos de energía de los futuros profesores.

4.1. Resultados del análisis de los modelos de los estudiantes


4.1.1. Estadios del MCE de energía de los estudiantes

En la metodología (capítulo 3) realizamos la descripción de la estrategia de recolección y análisis de datos para describir la evolución de los modelos energéticos de los futuros docentes y ahora procederemos a presentar los resultados encontrados.

Las producciones de los estudiantes fueron analizadas de forma cualitativa-interpretativa, categorizando las diferentes respuestas de los estudiantes de acuerdo a los aportes teóricos (ideas del MCE de energía y el estudio publicado por Soto et al. (2017)) pero, principalmente a partir de los datos (por ejemplo categorías sugeridas por la forma particular de entender la energía de estudiantes concretos). Así, se ha utilizado un enfoque combinado de análisis deductivo- inductivo para la identificación de categorías (versiones del MCE de energía de los estudiantes y desde ahora los estadios del MCE de energía).

En la Tabla 32 se presentan los estadios de la idea: naturaleza de la energía (ES) del MCE de energía. Se da a conocer la descripción de cada nivel del estadio, su respectivo código con un color asignado y un ejemplo de un estudiante en cada caso. La flecha de color verde indica la sofisticación de las ideas, desde ideas del modelo menos adecuadas (y en algunos casos con nociones erróneas) a ideas del modelo más sofisticadas y coherentes con el MCE.

Tabla 32. Estadios de la idea naturaleza de la energía (ES) del MCE de energía




Nivel	Idea del MCE: NATURALEZA DE LA ENERGÍA	Ejemplo de un estudiante
ES4	La energía se asocia al cambio de estado o configuración de un cuerpo o sistema.	A1 "Existe una relación delimitada por un sistema de referencia, es decir, la energía depende directamente del estado del sistema. La energía depende de muchas variables, entonces se asocia al cambio de un sistema".
ES3	La energía se asocia al estado del sistema.	A3 "El estado de un sistema tiene relación con su posición, cantidad de masa, pérdidas, etc. Y la gran cantidad de variables que se le asocia y con las que interactúa".
ES2	La energía está en los sistemas y causa su estado.	A5 "Esa energía no llega a parar a ningún lado, ya que el cambiar la chimenea al segundo piso, cambia el sistema de referencia, por lo que ahora está en el punto (0,0) y su altura es 0 y no hay energía potencial".
ES1	La energía está en los objetos.	A5 "En el vaso con agua y azúcar no veo presente energía cinética, potencial ni elástica".

La idea de naturaleza de la energía tiene asociadas dos subideas a las que denominamos valor absoluto (VA) y aprovechamiento energético (AP).

En la Tabla 33 se presentan los estadios de la subidea valor absoluto (VA) del MCE de energía, dando a conocer la descripción de cada estadio, su respectivo código con un color asignado y un ejemplo de estudiante para cada estadio.

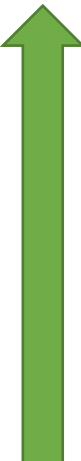
Tabla 33. Estadios de la subidea valor absoluto (VA) del MCE de energía




Subidea: VALOR ABSOLUTO		Ejemplo de un estudiante
VA4	No podemos saber la energía absoluta de cuerpo o sistema, pero, sí podemos medir las variaciones de energía asociados a cambios en el estado del cuerpo o sistema.	A1 "No, porque la energía depende de muchos sistemas y variables. La energía entonces se asociaría al cambio de un sistema".
VA3	No podemos saber el valor de la energía asociada a un sistema porque este depende del valor de múltiples variables.	A3 "No, son muchas variables que se deben considerar a nivel macro y micro, y hay veces que creo que no se puede cuantificar".
VA2	No podemos saber el valor de la energía asociada a un sistema porque cada sistema tiene muchos tipos diferentes de energía.	A5 "No, ya que no hay una forma de definir todas las variables relacionadas a todos los tipos de energía".
VA1	Podemos saber cuánta energía tiene un sistema	A2 "Creo que es posible calcular la energía en cada estado del agua. En reposo posee energía potencial, cuando el agua cae, existe movimiento y hay una transmisión de energía de potencial a cinética, en aumento de temperatura, calor".

En la Tabla 34 se presentan los estadios de la subidea aprovechamiento energético (AP), dando a conocer la descripción de cada estadio, su respectivo código y un ejemplo de un estudiante para cada estadio.

Tabla 34. Estadios de la subidea aprovechamiento energético (AP)




Subidea: APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO		Ejemplo de estudiante
AP4	Existen configuraciones más aprovechables que otras para realizar un determinado cambio. El aprovechamiento depende del estado del sistema y del dispositivo físico.	A6: "Aprovechamos la altura en la que nos encontramos. A pesar de que el agua caliente era más energética que la helada y que el agua con azúcar, el montaje experimental aprovechó la energía en base a la altura, independiente de la energía interna".
AP3	Se aprovechan todas las características de los sistemas (nombra algunas no asociadas) para realizar un determinado cambio, además del dispositivo físico.	A1 "Aprovechamos del agua su capacidad de fluir, su temperatura porque no cambia de estado y su altura" ..." depende para que ocupamos la energía. Si bien el agua caliente es muy energética, para el propósito que la utilizamos no aumenta el voltaje,



		<i>entonces depende del mecanismo (dispositivo)".</i>
AP2	Se aprovechan todas las características de los sistemas para realizar un determinado cambio (nombra algunas no asociadas).	<i>A5 "Aprovechamos del agua su capacidad de fluir, para que esa energía la podamos transformar en eléctrica".</i>
AP1	Se aprovecha la energía de los sistemas para realizar un determinado cambio.	<i>A4 "Aprovechamos la energía potencial gravitatoria del agua para mover el sistema".</i>

En la Tabla 35 se presentan los estadios de la idea: transferencia de la energía (WQ) del MCE de energía, dando a conocer la descripción de cada nivel del estadio, su respectivo código con un color asignado y un ejemplo de un estudiante en cada caso. Al igual que en el modelo anterior, la flecha de color verde indica la dirección de la progresión en el nivel de sofisticación de las ideas.

Tabla 35. Estadios de la idea de transferencia de energía (WQ) del MCE de energía




Nivel	Idea del MCE: TRANSFERENCIA DE LA ENERGÍA	Ejemplo de un estudiante
WQ4	En los cambios la energía se transfiere de unos sistemas o partes del sistema a otros, a través de los mecanismos de trabajo y calor. (Se refieren adecuadamente a los mecanismos de calor y trabajo).	<i>A10 "La energía cinética asociada al movimiento de la rueda se transfiere a través de trabajo cuando se acciona el freno. El roce provoca un aumento de temperatura hasta un punto máximo y luego comienza a descender al transferirse al ambiente a través de calor y llegar al equilibrio".</i>
WQ3	La energía se transfiere de unos sistemas o partes del sistema a otros, identificando aspectos relacionados con los mecanismos de trabajo o calor . (Se refieren adecuadamente a los mecanismos de calor o trabajo).	<i>A1 "Los cambios de temperatura alteran el estado del sistema, lo que precisamente asociamos al concepto de energía. Los cambios de temperatura representan variaciones de energía en un intervalo de tiempo".</i>
WQ2	La energía se transfiere de unos sistemas o partes del sistema a otros. Pueden mencionar que el dispositivo potencia la transferencia. (No se refieren adecuadamente a los mecanismos de calor ni de trabajo).	<i>A1 "La energía inicialmente solo potencial del agua respecto al mecanismo, se transforma a energía cinética al momento de caer. El peso produce que se active una energía cinética asociada al giro de la turbina. Luego, este giro de la turbina activa los electrones y los acelera (energía interna) y se transforma en una agitación (energía cinética)".</i>
WQ1	La energía se transforma de un tipo a otro sin mencionar los mecanismos que producen estos cambios. También pueden señalar que el calor, las fuerzas o la temperatura son las que se transfieren.	<i>A5 "La energía comienza como potencial, pero luego varía pasando a cinética, mecánica y así sucesivamente".</i>
WQ0	Los cambios se producen por agentes mecánicos como la fricción. Describen los fenómenos en torno a magnitudes como torque o el momentum.	<i>A5 "El material tiende a deformarse... el coche con mayor masa tendrá mayor velocidad..."</i>

Es importante señalar, que la idea de transferencia de la energía del MCE se potenció sobre todo en los dossiers 2 y 3 de la SEA, trabajando por separados los mecanismos de trabajo y calor. Sin embargo, la selección de preguntas de análisis se pensó para un análisis de la idea de transferencia de la energía completa involucrando ambos mecanismos en cada estadio. Para el detalle específico de cada mecanismo se analizaron las subideas asociadas a cada uno.


La idea de transferencia de la energía del MCE tiene asociadas varias subideas, que fueron agrupadas en dos grandes bloques: subideas asociadas a la transferencia de energía mediante calor a nivel macroscópico (en términos de objetos) (QM) y microscópico (en término de partículas) (Qm). De forma análoga, las asociadas a la transferencia de energía mediante trabajo macroscópico (en términos de objetos) (WM) y microscópico (en términos de partículas) (Wm).

En la Tabla 36 se da a conocer el grupo de subideas asociadas al mecanismo de calor a nivel QM y Qm. Dentro de la tabla el estadio Qm es considerado más sofisticado que el estadio QM, considerando que explicar las transferencias de energía a través de calor desde una mirada microscópica implica una mayor complejidad e interpretación. Se pueden observar tres estadios asociados a QM (QMa, QMb y QMc) y dos asociados a Qm (Qma y Qmb). Cada uno representa una subidea específica dentro de la categoría macroscópico y microscópico. Sin embargo, dentro de ellas, ninguna es superior o inferior a otra. La sofisticación se plasma en la graduación de cada una de ellas, por lo tanto, en este caso la flecha verde indica la sofisticación de comenzar a explicar los fenómenos desde una mirada macroscópica a una microscópica. El análisis de estas subideas permite complementar la evolución de la idea del modelo transferencia de la energía.

Tabla 36. Estadios de las subideas de calor a nivel macroscópico y microscópico (QM y Qm) del MCE de energía.



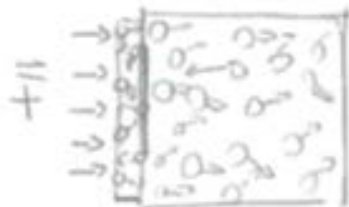
Nivel		Subidea: Qma	Nivel	Subidea: Qmb		
Qm	Qm2a	Al transferirse energía a través de calor aumenta el movimiento caótico de las partículas del cuerpo que se calienta, en todas las direcciones y aleatoriamente.	Qm2b	Al transferirse energía a través de calor aumenta la energía interna del cuerpo que se calienta.		
		Ejemplo de un estudiante		Ejemplo de un estudiante		
		A10 "El trabajo permite direccionar partículas y aprovechar mejor la energía asociada. El calor genera movimiento caótico en las partículas por lo que existe alta degradación de la energía asociada. A nivel macro el calor genera una excesiva disipación al ambiente".		A6 "Las moléculas del agua caliente se encuentran con mayor energía interna debido al movimiento de sus partículas, comienza a transferir su energía al vaso de menor temperatura siguiendo la gradiente de concentración. Luego de la transferencia de energía, las moléculas se encuentran en equilibrio al no existir variación de temperatura".		
	Qm1a	Al transferirse energía a través de calor existe mayor velocidad, agitación molecular, colisiones o excitación de las partículas.	Qm1b	No identifican que al transferirse energía a través de calor aumenta la energía interna del cuerpo que se calienta. Indican que aumentan otros tipos de energía.		
Ejemplo de un estudiante		Ejemplo de un estudiante				
		A10 "Las partículas se agitan y empiezan a moverse por que existe transferencia de energía asociada al movimiento. Luego las partículas vuelven a su estado de equilibrio, algunas vibran y ceden energía a través de calor".		Muchos estudiantes no identifican el aumento de energía interna, sin embargo, ninguno menciona que aumenta otro tipo de energía.		
Nivel	Subidea: QMa	Nivel	Subidea: QMb	Nivel	Subidea: QMc	
QM	QM2a	La transferencia de energía a través de calor ocurre desde cuerpos a mayor temperatura hasta cuerpos a menor temperatura.	QM2b	La transferencia de energía a través de calor ocurre hasta el equilibrio térmico.	QM2c	Afectan a la transferencia de energía a través de calor factores como la conductividad de los materiales, área de contacto, masas de los cuerpos en interacción o diferencias de temperatura entre los cuerpos en interacción.
		Ejemplo de un estudiante		Ejemplo de un estudiante		Ejemplo de un estudiante
		A1 "... El pote que está muy caliente eleva la temperatura de la botella y del yogurt. Al tener más superficie de contacto se alcanza más rápido el equilibrio térmico a través de calor. El		A10 "En el sistema en si hasta el equilibrio térmico, pero como el sistema no es aislado, entonces una vez que alcance el equilibrio térmico sigue		A10 "Al modificar los materiales, notoriamente las temperaturas y las áreas cambia la rapidez de la transferencia. A mayor área de contacto mayor rapidez".




		<i>termo funciona para desacelerar el proceso de equilibrio térmico con el ambiente”.</i>		<i>existiendo una transferencia hasta el exterior”.</i>		
	QM1a	La transferencia de energía a través de calor ocurre entre cuerpos por motivos diferentes a la temperatura.	QM1b	No identifican que la transferencia de energía a través de calor es un proceso que culmina cuando los cuerpos llegan al equilibrio térmico. Pueden señalar que no termina.	QM1c	Identifican factores que no afectan a la transferencia de energía a través de calor.
		Ejemplo de un estudiante <i>A1 “El calor se transfiere de cuerpos de mayor masa a cuerpos de menor masa, por ende el bolso cerraría el sistema y el calor se transfiere del pote al yogurt y a la botella, alcanzando el equilibrio térmico”.</i>		Ejemplo de un estudiante No hay estudiantes que den este tipo de respuesta.		Ejemplo de un estudiante No hay estudiantes que den este tipo de respuesta.

En la Tabla 37 se da a conocer el grupo de subideas asociadas al mecanismo de trabajo a nivel WM y Wm. Dentro de la tabla el estadio Wm es considerado más sofisticado que el estadio WM, considerando que explicar las transferencias de energía a través de trabajo desde una mirada microscópica implica un mayor nivel de interpretación. Se pueden observar dos estadios asociados a WM (WMA y WMB) y dos asociados a Wm (Wma y Wmb). Cada uno representa una subidea específica dentro de la categoría macroscópico y microscópico. Sin embargo, dentro de ellas, ninguna es superior o inferior a otra. La sofisticación se plasma en la graduación de cada una de ellas, por lo tanto, en este caso la flecha verde indica la sofisticación de comenzar a explicar los fenómenos desde una mirada macroscópica a una microscópica. El análisis de estas subideas permite complementar la evolución de la idea transferencia de la energía del MCE.

Tabla 37. Estadios de las subideas de trabajo a nivel macroscópico y microscópico (WM y Wm) del MCE de energía


Nivel		Subidea: Wma	Nivel	Subidea: Wmb
Wm	Wm2a	Al transferirse energía a través de trabajo existe un movimiento vibratorio aleatorio de las partículas de los cuerpos en interacción, pero predomina un movimiento coherente de todas las partículas en una dirección concreta, y por tanto, la energía se transfiere sobre todo en ésta dirección.	Wm2b	Al transferirse energía a través de trabajo, la fuerza aplicada comprime las partículas de un cuerpo, estas se mueven y aumenta la temperatura de la superficie de este.
		Ejemplo de un estudiante		Ejemplo de un estudiante
	A1: "Se transfiere a través de la energía cinética del movimiento de las partículas. Una fuerza genera una compresión de las partículas y por ende un desplazamiento".	A1: "Lo explicaría microscópicamente. Al aplicar una fuerza, las partículas del sólido se moverán más rápido, aumentando la temperatura. Este cambio lo asocio con energía..."la energía en este caso se ve en el desplazamiento de la pelota. Al golpearla habrá asociada una masa y una velocidad por ende presencia de energía cinética".		
				
Wm1a	Identifican movimiento de partículas, mayor velocidad o excitación ante una transferencia de energía a través de trabajo, pero no identifican el movimiento coherente de las partículas en una dirección concreta.			
	Ejemplo de un estudiante			
		A10: "Antes del choque están con un movimiento aleatorio, durante el choque las partículas en contacto se mueven más que las que están más lejos y después del choque vuelven al movimiento aleatorio".		



Nivel		Subidea: WMa	Nivel	Subidea: WMb
WM	WM2a	No todas las fuerzas permiten transferir energía a través de trabajo. Solo las que actúan en la dirección de movimiento.	WM2b	La transferencia de energía a través de trabajo depende de algunos factores como la masa o ciertas propiedades de los materiales de los cuerpos en interacción.
		Ejemplo de un estudiante		Ejemplo de un estudiante
		A1: <i>“Las fuerzas que contribuyen a la transferencia de energía son las que se ejecutan en la dirección del movimiento”.</i>		A10: <i>“Con un material más elástico se transfiere casi toda la energía, con materiales como la plastilina se transfiere menos y se deforma. A mayor masa más energía cinética”.</i>
	WM1a	Todas las fuerzas permiten transferir energía a través de trabajo. Las que actúan en la dirección de movimiento y en otras direcciones.	WM1b	Identifican factores que no afecta a la transferencia de energía a través de trabajo.
Ejemplo de un estudiante		Ejemplo de un estudiante		
		A1: <i>“La fuerza peso, el roce y las externas, porque son las que alteran el movimiento y el cambio de posición, por ende alteran la energía cinética”.</i>		A22: <i>“Si aumenta el peso de un carro puede que se deforme menos. Si aumenta la masa, aumenta el peso y hay que ver la reacción”.</i>

La última subidea asociada a los aspectos de transferencia de la energía del modelo científico escolar la hemos denominado “equivalencia de mecanismos” (EWQ). Es una idea muy breve que se ha intentado construir en el dossier 3 con la intención de diferenciar el aprovechamiento energético que se puede obtener de cada mecanismo de transferencia de energía.


Tabla 38. Estadios de la subidea equivalencia de mecanismos (EQW) del MCE de energía




Nivel	Subidea: EQUIVALENCIA DE MECANISMOS	Ejemplo de un estudiante
EWQ3	Calor y trabajo no son mecanismos de transferencia de energía equivalentes. En el calor las partículas se mueven aleatoriamente, mientras que en el trabajo el movimiento es más direccionado. Toda la energía transferida por trabajo se puede aprovechar para generar nuevos cambios, pero esto no ocurre con la energía transferida por calor.	A1: "El trabajo es capaz de generar grandes cambios en el estado del sistema, por sus aumentos de temperatura y desplazamientos, mientras que el calor es menor útil. A nivel micro, el calor acelera las partículas (movimiento aleatorio y desordenado) y el trabajo ordena las partículas (mas coherente al sentido de la fuerza aplicada)".
EWQ2	Calor y trabajo no son mecanismos de transferencia de energía equivalentes. En el calor las partículas se mueven aleatoriamente, mientras que en el trabajo el movimiento es más direccionado.	A1: "El calor es un mecanismo de transferencia de energía en el que las partículas aceleran su movimiento por la diferencia de temperatura entre el sistema, a diferencia el trabajo genera un movimiento coherente con un desplazamiento generado por fuerzas".
EWQ1	Calor y trabajo son mecanismos de transferencia de energía equivalentes.	A8: "En el trabajo las particulas rebototean por todo el sistema de manera dispersa y sin ningún sentido en particular, golpeando el sistema por todos lados, al igual que el calor".

Finalmente, nuestra SEA pretendía construir las ideas de conservación y degradación de la energía del MCE. En la Tabla 39 se presentan los estadios de las ideas de conservación de la energía (C) del MCE, dando a conocer la descripción de cada estadio, su respectivo código con su color designado y un ejemplo de un estudiante para cada estadio. La flecha de color verde indica la progresión en el nivel de sofisticación de las ideas de los estudiantes respecto al MCE objeto de aprendizaje.

Tabla 39. Estadios de la idea de conservación de la energía del MCE




Nivel	Idea del MCE: CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA	Ejemplo de un estudiante
C4	La cantidad de energía total se conserva, de manera que la energía que gana o pierde un sistema siempre corresponde a la pérdida o ganancia de energía de otro sistema o del entorno.	A4 "La energía asociada va disipándose al ambiente, por lo que se disipa del sistema, pero al hacer esto entra en otro sistema".
C3	La cantidad de energía total se conserva, pero no se identifican la pérdida o ganancia de otro sistema.	A1 "A lo largo del proceso, la cantidad de energía útil y aprovechable disminuye. Esta cantidad de energía sobrante se degrada, pero no se pierde. Solo es de menos calidad. Esta energía tiene a homogeneizarse según la naturaleza física de las cosas".



C2	La cantidad de energía total no se conserva, debido a que se disipa a lo largo de los cambios.	A4 "La energía se transfiere al entorno por fricción"... "Depende del tipo de choque, ya que en el choque plástico se transfiere mayor energía aunque siempre se perderá, ya que se transfiere al entorno".
C1	La cantidad de energía total no se conserva. Pueden mencionar que se gasta o pierde a lo largo de los cambios.	A5 "La energía invertida en el sistema se pierde o disipa a lo largo de la cadena debido al roce".

En la Tabla 40 se presentan los estadios de la idea de degradación de la energía (D) del MCE, dando a conocer la descripción de cada estadio, su respectivo código con color asignado y un ejemplo de estudiante para cada estadio. La flecha de color verde indica la progresión en el nivel de sofisticación de las ideas de los estudiantes respecto al MCE objeto de aprendizaje.

Tabla 40. Estadios de la idea de degradación de la energía del MCE



Nivel	Idea del MCE: DEGRADACIÓN DE LA ENERGÍA	Ejemplo de estudiante
D4	La energía se degrada a medida que un sistema va perdiendo capacidad para generar nuevos cambios. Cuando la energía se degrada, la utilidad de ésta disminuye y la disponible es de menor calidad.	A4: "La energía se va degradando, esta energía deja de ser útil y se disipa, ésta no se pierde, si no que al disiparse al ambiente cambia de sistema, dejando el anterior".
D3	La energía cada vez es menos aprovechable para generar nuevos cambios, porque ya no la tengo, se ha disipado.	A5: "Respecto a los aprovechamientos, al inicio son mayores que al final, ya que al final la energía se disipa".
D2	No identifica el aprovechamiento solo menciona que la energía se disipa.	A1: "Depende de la masa, velocidad y material al inicio y final del proceso" ... "La energía que no se transfirió se disipó".
D1	No identifica que el aprovechamiento es menor a lo largo de una cadena energética.	No hay estudiantes que den este tipo de respuesta.

A pesar de que las preguntas seleccionadas para el análisis de datos de las ideas conservación y degradación de la energía del MCE fueran las mismas, procedimos a analizar las respuestas de los estudiantes utilizando ambas ideas por separado con la finalidad de encontrar aspectos más específicos de cada una de ellas.

4.1.2. Progresión de las ideas del modelo de energía de los estudiantes a lo largo de la SEA

En este apartado procedemos a representar los resultados de la evolución de las ideas del modelo de energía de los estudiantes en relación con cada una de las ideas del MCE y sus subideas asociadas, a lo largo de la implementación, para observar y analizar sus evoluciones.

Para representar la evolución en estadios de las ideas o modelos de los estudiantes respecto al MCE de energía, descritos en el apartado 4.1.1, y dar a conocer los modelos globales de los estudiantes en relación a cada aspecto del MCE y en cada momento presentamos una gráfica por idea o aspecto del MCE de energía: naturaleza de la energía, sus mecanismos de transferencia, la conservación y la degradación de la energía. Para el análisis de la evolución de los modelos de los estudiantes sobre las subideas del MCE también presentamos una gráfica que se mostrará posterior al análisis completo de todos los aspectos del MCE.

Siguiendo trabajos anteriores en esta misma línea de investigación de Hernández (2012) y Garrido (2016) hemos diseñado gráficas representadas a través de esferas, cuyo tamaño representa el porcentaje de estudiantes cuyas ideas y/o modelos de energía se encuentran en este nivel o estadio en cada momento. Las esferas en vertical suman un total del 100%, porque incluyen a todos los alumnos. Se escogió un color y en base a ese se realizó un degradé para identificar a través de ellos el grado de sofisticación y/o evolución en estadios de los modelos de los estudiantes respecto al MCE de energía que queremos que aprendan. Para facilitar la comprensión del lector, los colores coinciden con los establecidos en las categorías del apartado 4.1.1.

En caso de que las ideas de un estudiante, tal y como aparecen en sus producciones escritas o gráficas en un momento concreto, no pueda ser categorizado en un nivel, este se representará con otra esfera en una posición inferior al nivel 0 del modelo en el eje de las X con una etiqueta con el nombre "NA" (no aplica), incluyendo también a aquellos estudiantes que no responden. De igual manera, si un estudiante describe los fenómenos sin hablar de energía y utilizando conceptos mecánicos muy predominantes, también serán representados con una etiqueta en la posición 0 del modelo en el eje de las X con el nombre "MEC".

Al igual que Hernández (2012) y Garrido (2016) también indicamos la trayectoria más común, es decir, el camino seguido por la mayoría de los estudiantes a lo largo de la SEA, enlazando con una línea las esferas que representan un mayor porcentaje de alumnos.

Posterior al análisis de los modelos de los alumnos respecto de cada aspecto del MCE, presentamos en detalle aspectos de la evolución de los estadios de los modelos de los estudiantes de un momento a otro. El objetivo es identificar qué porcentaje de estudiantes experimenta ascensos en sus estadios, se mantiene o retrocede en el nivel de sofisticación y coherencia con el MCE de su modelo de energía. También, qué tipos de ascensos, mantenciones o retrocesos predominan e identificar cuáles fueron las actividades asociadas a los momentos que generaron un mayor impacto en la evolución de los modelos de los estudiantes y a qué fase del ciclo de modelización corresponden. Este análisis solo será realizado para los cuatro aspectos principales del MCE de energía: la naturaleza de la energía, transferencia de la energía, degradación de la energía y conservación de la energía. Las subideas serán descritas a nivel general, también identificando qué actividades fueron claves para evidenciar respuestas más detalladas de los estudiantes, pero no con el detalle que hemos realizado para las 4 ideas del MCE.

4.1.2.1. Ideas de los estudiantes respecto de la naturaleza de la energía

La siguiente gráfica (ver figura 32.) graduada en tonalidades moradas nos da a conocer la evolución de las ideas de los estudiantes respecto de la naturaleza de la energía a lo largo de la SEA en los 7 momentos descritos en el capítulo 3. En el eje de las Y podemos observar el nivel de sofisticación y coherencia de los modelos de los estudiantes sobre la naturaleza de la energía respecto al MCE y en el eje X la evolución de estos modelos a lo largo de siete momentos de la SEA.

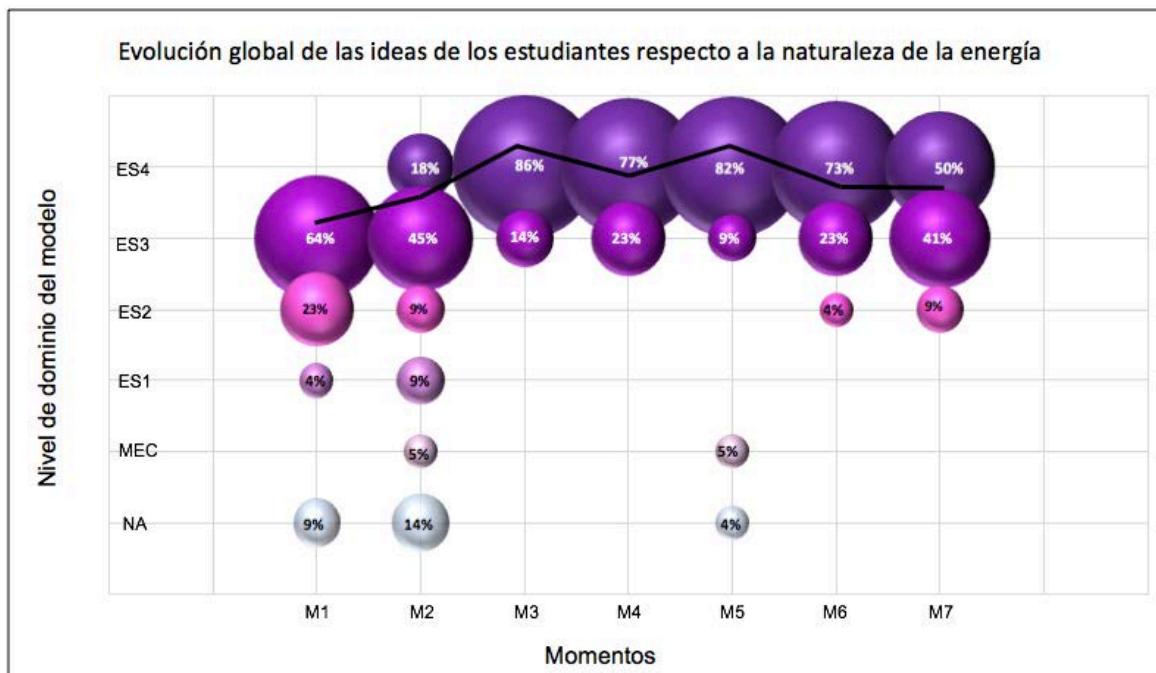


Figura 32. Evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la naturaleza de la energía a lo largo de la SEA.

Las ideas sobre la naturaleza de la energía que muestran los estudiantes en el momento 1 son inicialmente bastante adecuadas, pudiéndose situar la mayoría de los estudiantes (64%) en un estadio sofisticado respecto al MCE de energía (ES3). En este momento los estudiantes son capaces de describir cuál es el estado de un sistema y asociar ciertas variables a este, aunque todavía sin hablar de cambios. Creemos que este inicio es debido al diseño de la secuencia, ya que en las preguntas de la SEA por ejemplo “¿en qué variables piensas para describir el estado de un sistema?”, orientamos a que la descripción de los estudiantes se realice en términos de características del estado de un sistema. Esto posiblemente reduce la cantidad de estudiantes que describen en términos únicamente de tipos de energías que tiene el sistema (aunque se mencionan), debido a que se les pide fijarse en “cómo está el sistema” y no en “qué tiene” el sistema. Tal como realiza el estudiante A1 “asocio el estado de reposo y movimiento como variables que influyen directamente en la energía; la velocidad la relaciono con energía cinética; las partículas del agua están en un movimiento constante y exaltado y la temperatura se relaciona con la energía de acuerdo con la capacidad calorífica de los cuerpos”.

En el momento M2 se mantiene la misma tendencia que en el momento M1, con el mayor porcentaje de estudiantes en el estadio ES3 (45%), pero en este momento se comienzan a identificar a estudiantes que explican los fenómenos utilizando ideas del estadio más

sofisticado del MCE respecto a la naturaleza de la energía, ES4, con un 18%. En este momento M2 de la SEA los estudiantes han podido observar un proceso, y ello facilita que algunos estudiantes se refieran a la existencia de cambios en los estados de un sistema en de un proceso, sofisticando sus descripciones desde cómo está un sistema hacia identificar qué ha cambiado en el sistema. Por ejemplo: A1 *“cambia la posición del agua en el espacio respecto al sistema de referencia; el agua en caída funciona como fuente energética que permite hacer girar la rueda; el giro de la turbina genera excitación de los electrones para encender la lámpara”*.

En el momento M3 existe una mayor concentración de estudiantes con ideas coherentes con el estadio ES4, observándose que un 86% de los estudiantes comienzan a utilizar el estadio ES4 en sus explicaciones y un 14% utiliza el estadio ES3 en sus explicaciones. Durante el momento M3 se potencia que los estudiantes piensen en cómo está un sistema, que identifiquen características de cómo estaba antes y cómo estará después para potenciar la idea de cambio que comenzó a ser mencionada en el momento M2. Un ejemplo de respuesta de un estudiante en este momento es: A2 *“Se asocia un cambio de las velocidades iniciales de ambos autos por el choque. En caso de la pelota de tenis, esta tiende a ser recibida por la raqueta, se aplica una fuerza para generar cambio de posición y velocidad” ... “La energía se transfiere de un cuerpo a otro al momento de generar el choque. Existe una fuerza que genera un cambio de estado en la pelota (velocidad y posición)”*.

La tendencia de estudiantes concentrados en los estadios ES4 y ES3 se mantiene a lo largo de los momentos siguientes. En el momento M4 un 77% de los estudiantes utiliza el estadio ES4 y un 23% el estadio ES3. Durante el momento M5 un 82% realiza sus explicaciones utilizando el modelo ES4 y un 9% el estadio ES3.

De la misma forma en el momento M6 un 73% de los estudiantes muestran ser capaces de utilizar ideas sofisticadas sobre la naturaleza de la energía respondiendo una pregunta de aplicación en un contexto totalmente diferente, tal como se puede observar en el ejemplo del estudiante A3 *“La energía potencial suplementaria sigue estando ahí, desde un punto de vista externo a la casa, pero el mecanismo que utilizó para aumentar el calor en su hogar fue erróneo, debido a que la variable que está asociada al calor no es la altura, sino que es la temperatura o el material a combustionar por lo cual su estado del sistema está mal configurado para el fin que se quiere darle”*.

En el momento M7 sigue predominando el estadio ES4 con un 50% de estudiantes, sin embargo, es un menor porcentaje en relación con los casos anteriores. También predomina un 41% de los estudiantes en el estadio ES3. Las preguntas analizadas en el M7 corresponden a situaciones de aplicación del examen donde los estudiantes ante tres afirmaciones debían justificar si estas eran verdaderas o falsas.

A pesar de el fenómeno de “retroceso” en el dominio de un modelo o alguna de las ideas del mismo en la prueba final respecto a la situación de aula, mucho más contextualizada, discursiva, andamiada y relajada, como ha sido encontrado en investigaciones anteriores (Hernández, 2012, Garrido, 2016), analizando críticamente las preguntas analizadas en la prueba final creemos que el motivo del retroceso puede también estar relacionado con el diseño. En general las afirmaciones utilizadas en el examen no fomentaban utilizar las visiones más sofisticadas de la naturaleza de la energía, no brindando contextos que facilitaran hablar de cambios en los estados del sistema. Ante estas preguntas los estudiantes se centraron más en utilizar el estadio ES3, reforzando afirmaciones como: “la energía no está en los cuerpos, sino que se asocia a cómo están los cuerpos” sin incorporar la idea de cambios. Un ejemplo de este tipo de respuesta es el estudiante A12 *“La energía no se posee, solo podemos asociarla a un sistema, en este caso un cuerpo en movimiento tendrá energía cinética asociada”*.

4.1.2.2. Análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la naturaleza de la energía y actividades que aportan a su sofisticación

En las siguientes tablas podemos observar con mayor detalle la evolución del modelo de energía de los estudiantes en relación con la idea de naturaleza de la energía del MCE en cada momento de análisis, complementando con una visión alumno a alumno la evolución general de estas ideas del modelo de energía de los estudiantes presentada en la gráfica de esferas (figura 32). El objetivo es identificar las transiciones con más potencial de mejora didáctica (mayor aprendizaje) de los alumnos en las ideas sobre la naturaleza de la energía del MCE objeto de estudio.

En el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la naturaleza de la energía del momento M1 al M2, se observa que un 32% de los estudiantes asciende de un estadio menos sofisticado a uno más sofisticado, predominando saltos de un nivel de un estadio a otro, en este caso se observa que un 18% son saltos del estadio ES3 al ES4 y un 9% son saltos del estadio ES2 al ES3. Un 50% de los estudiantes se mantiene en un

mismo estadio del modelo, predominando el estadio ES3 con un 36%. Finalmente un 18% de los estudiantes experimenta descensos de un estadio del modelo más sofisticado a uno menos sofisticado, en la mayoría de los casos pasando de mencionar aspectos relacionados con la naturaleza de la energía a no mencionarlos.

Si bien, en esta transición del momento M1 al M2 se observa que los estudiantes comienzan a mencionar en un 18% el estadio ES4 del MCE de energía respecto a su naturaleza, esta transición no fue clave para que un porcentaje alto de estudiantes experimentara una evolución de sus modelos.

Tabla 41. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea ES del M1 al M2

M1 → M2					
Acción	Saltos	Evolución de los estadios	% de alumnos	Alumnos	% total de estudiantes
Suben	Sube 1	ES3 → ES4	18%	A1-A9-A14-A18	32%
		ES2 → ES3	9%	A10-A12	
	Sube 2	NA → ES1	5%	A22	
Se mantienen	Se mantiene	En ES3	36%	A2-A3-A7-A8-A15-A17-A20-A21	50%
		En ES2	5%	A19	
		En ES1	4,5%	A5	
		En NA	4,5%	A13	
Bajan	Baja 1	ES3 → ES2	4,5%	A11	18%
	Baja 2	ES2 → MEC	4,5%	A4	
	Baja 3	ES2 → NA	4,5%	A16	
	Baja 4	ES3 → NA	4,5%	A6	

En el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la naturaleza de la energía del momento M2 al M3 se observa un ascenso drástico en la evolución de los modelos energéticos de los estudiantes. Un 77,5% evoluciona de estadios menos sofisticados a estadios más sofisticados predominando saltos de un estadio desde el estadio ES3 al ES4 en un 41%, saltos de dos estadios en un 18% y saltos de cinco estadios en un 14%. Un 22,5% de los estudiantes se mantiene en el mismo estadio, predominando el estadio más alto ES4 con un 18%. Ningún estudiante desciende de un estadio a otro inferior.

Las preguntas y actividades asociadas a esta evolución de los estudiantes del momento M2 al M3 fueron claves para que la mayoría de los estudiantes ascendieran o se mantuvieran en un estadio sofisticado y ninguno descendiera.

Tabla 42. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea ES del M2 al M3

M2 → M3					
Acción	Saltos	Evolución de los estadios	% de alumnos	Alumnos	% total de estudiantes
Suben	Sube 1	ES3 → ES4	41%	A2-A3-A7-A8-A10-A12-A15-A17-A21	77,5%
	Sube 2	ES2 → ES4	9%	A19-A11	
		ES1 → ES3	9%	A5-A22	
	Sube 4	MEC → ES4	4,5%	A4	
	Sube 5	NA → ES4	14%	A16-A6-A13	
Se mantienen	Se mantiene	En ES4	18%	A1-A9-A14-A18	22,5%
		En ES3	4,5%	A20	
Bajan	-----	-----	-----	-----	0%

En el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la naturaleza de la energía de los estudiantes del momento M3 al M4 se observa que la mayoría de los estudiantes (82%) se mantiene en los estadios más sofisticados, con un 73% en ES4 y con un 9% en ES3. En esta situación no ocurren prácticamente ascensos, y solo un estudiante experimenta una evolución de ES3 a ES4. Tres estudiantes bajan a un nivel inferior. Estos resultados reflejan que luego de un drástico ascenso de las ideas de los estudiantes respecto a la naturaleza de la energía en los momentos M2 al M3, en las actividades del M4 de la SEA son capaces de utilizar las ideas adquiridas y realizar explicaciones sofisticadas.

Tabla 43. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea ES del M3 al M4

M3 → M4					
Acción	Saltos	Evolución de los estadios	% de alumnos	Alumnos	% total de estudiantes
Suben	Sube 1	ES3 → ES4	4,5%	A22	4,5%
Se mantienen	Se mantiene	En ES4	73%	A1-A2-A3-A14-A6-A7-A8-A9-A10-A11-A12-A14-A15-A16-A17-A21	82%
		En ES3	9%	A5-A20	
Bajan	Baja 1	ES4 → ES3	13%	A13-A18-A9	13%

En el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la naturaleza de la energía del momento M4 al M5 se observa que se mantiene la tendencia de los estudiantes a situarse en el estadio más sofisticado ES4 (68%) y en el estadio ES3 (9%). Un 14% asciende en un salto del estadio ES3 al ES4 y un 9% de los estudiantes dejan de mencionar aspectos en torno a la naturaleza de la energía. Al igual que en los resultados del momento

M3 al M4, los estudiantes son capaces de utilizar los estadios más sofisticados de su modelo respecto el MCE para seguir explicando nuevas cuestiones.

Tabla 44. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea ES del M4 al M5

M4 → M5					
Acción	Saltos	Evolución de los estadios	% de alumnos	Alumnos	% total de estudiantes
Suben	Sube 1	ES3 → ES4	14%	A13-A18-A19	14%
Se mantienen	Se mantiene	En ES4	68%	A1-A2-A3-A4-A6-A7-A9-A11-A12-A14-A15-A16-A17-A21-A22	77%
		En ES3	9%	A5-A20	
Bajan	Baja 4	ES4 → MEC	4,5%	A8	9%
	Baja 5	ES4 → NA	4,5%	A10	

En el análisis de las ideas de los estudiantes sobre la naturaleza de la energía del momento M5 al M6, observamos que disminuye en un 22,5% el uso de modelos sofisticados, dentro de este porcentaje se observa una disminución de un 18% de los estudiantes desde el estadio ES4 al ES3. Este estadio sigue siendo sofisticado y los estudiantes siguen asociando la energía al estado de un sistema, pero dejan de mencionar la idea de cambios asociados al estado de un sistema. Esa leve baja provoca el descenso de estudiantes que se mantienen en el nivel ES4 y ES3 (68,5%), sin embargo, siguen predominando estadios sofisticados. Finalmente un 9% experimenta una evolución de sus modelos, pero a través de saltos de 4 y 5 estadios, pasando de no mencionar aspectos relacionados con la naturaleza de la energía a comenzar a usar estas ideas del MCE de energía en su máxima sofisticación.

Al igual que los resultados de las transiciones de los momentos M3 a M4 y de los momentos M4 a M5, las tareas de la SEA asociadas a esta evolución han contribuido para que los estudiantes sigan utilizando el modelo construido en nuevas tareas con el máximo grado de sofisticación.

Tabla 45. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea ES del M5 al M6

M5 → M6					
Acción	Saltos	Evolución de los estadios	% de alumnos	Alumnos	% total de estudiantes
Suben	Sube 4	MEC → ES4	4,5%	A8	9%
	Sube 5	NA → ES4	4,5%	A10	

Se mantienen	Se mantiene	En ES4	64%	A1-A2-A3-A4-A6-A7-A9-A11-A12-A14-A16-A17-A19-A22	68,5%
		En ES3	4,5%	A20	
Bajan	Baja 1	ES4 → ES3	18%	A13-A15-A18-A21	22,5%
		ES3 → ES2	4,5%	A5	

Finalmente, en el último análisis de las ideas de los estudiantes respecto a la naturaleza de la energía del momento M6 al M7 se observa una tendencia de los estudiantes a seguir utilizando los modelos de los estadios ES4 con un 41% y ES3 con un 9%, pero el uso disminuye respecto a los momentos anteriores. Un 14% de los estudiantes asciende en nivel de sofisticación de sus ideas sobre la naturaleza de la energía un estadio (de ES3 a ES4 y de ES2 a ES3) y un 36% de los estudiantes desciende un estadio (ES4 a ES3 y ES3 a ES2) y dos estadios (ES4 a ES2). La mayor cantidad de estudiantes se sigue concentrado en los estadios ES4 con un 50% y ES3 con un 41%, sin embargo, como ya habíamos comentado en el apartado 4.3.3.1 las preguntas de aplicación asociadas al examen no contribuyen a que los estudiantes utilicen las ideas más sofisticadas del modelo de energía que están construyendo.

Tabla 46. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea ES del M6 al M7

M6 → M7					
Acción	Salto	Evolución de los estadios	% de alumnos	Alumnos	% total de estudiantes
Suben	Sube 1	ES3 → ES4	9%	A18-A20	14%
		ES2 → ES3	5%	A5	
Se mantienen	Se mantiene	En ES4	41%	A1-A2-A3-A4-A6-A7-A9-A10-A22	50%
		En ES3	9%	A13-A15	
Bajan	Baja 1	ES4 → ES3	27%	A11-A12-A14-A16-A17-A19	36%
		ES3 → ES2	4,5%	A21	
	Baja 2	ES4 → ES2	4,5%	A8	

En base a los resultados presentados es evidente identificar que la transición didácticamente más importante (la que consigue mejores avances en las ideas de los alumnos) en el caso de las ideas sobre naturaleza de la energía fue la del M2 al M3, donde un 77,5% de los estudiantes asciende a estadios superiores, un 22,5% de los estudiantes se mantiene en el mismo estadio con predominio del estadio más alto ES4 (un 18%) y ningún estudiante desciende de un estadio a otro inferior.

Esta transición se representa en la Figura 33. En ella podemos observar los diseños didácticos de los dossiers 1, 2 y 3. Cada diseño está compuesto por un gran ciclo que contiene a las fases del ciclo de modelización 1.- Sentir la necesidad de un modelo y 6.- Aplicar el modelo y mini ciclos a sus alrededores asociados a las actividades que componen al dossier (dossier 1 con 3 actividades, dossier 2 con tres actividades y dossier 3 con 4 actividades). Cada actividad también tiene asociadas fases del ciclo de modelización. Con el número 2 representamos la fase de expresar el modelo, con el número 3 la fase de evaluar / poner a prueba el modelo, con el número 4 la fase de revisar el modelo y con el número 5 la fase de consensuar el modelo. En la imagen podemos identificar con un cuadrado de color rojo a qué fases del ciclo de modelización pertenecían las preguntas analizadas en cada momento y con un rectángulo amarillo la (s) pregunta (s) analizada (as).

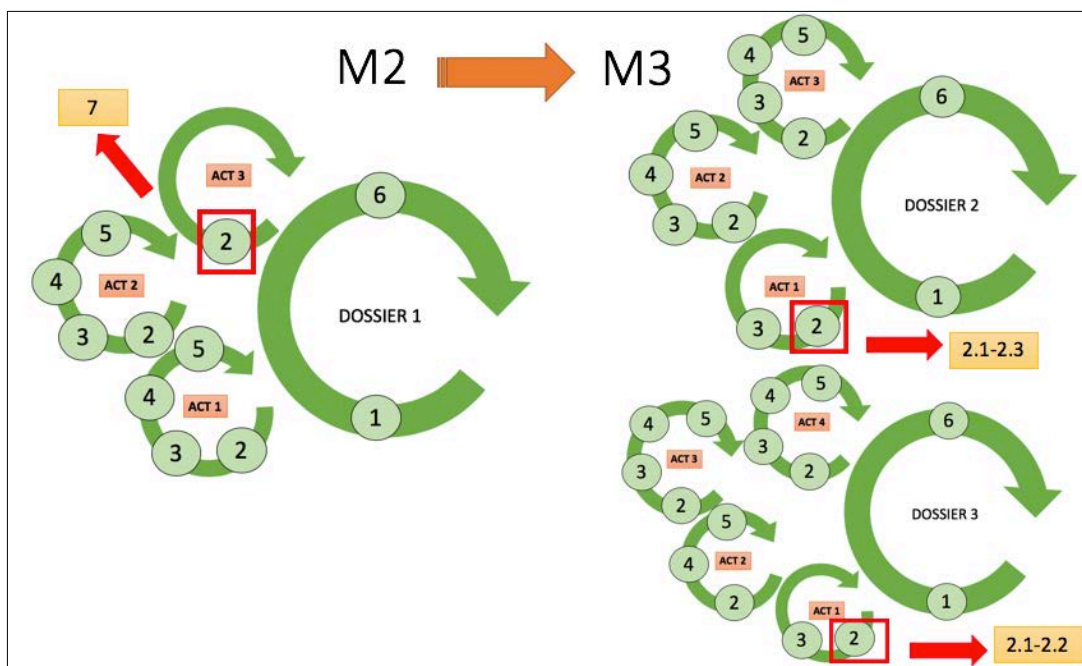


Figura 33. Actividades asociadas a la transición del momento M2 al M3 en el análisis de la evolución de la idea de naturaleza de la energía.

En el momento M2 comenzamos analizando una tarea de la actividad 3 de la fase de expresión del modelo del dossier 1. Hasta ese momento los estudiantes ya habían ejecutado la fase 1 y dos ciclos de las actividades 1 y 2 del dossier 1, que sin duda contribuyeron a que un 43% de ellos dieran evidencias de ideas en el estadio ES3 y un 18% el ES4 en este momento. En la actividad se solicitaba a los estudiantes describir el estado del sistema en distintas etapas dentro de una cadena energética, con la intención

de que a partir del análisis de “cómo está un sistema” pudiesen identificar los cambios de estado de este de una etapa a otra.

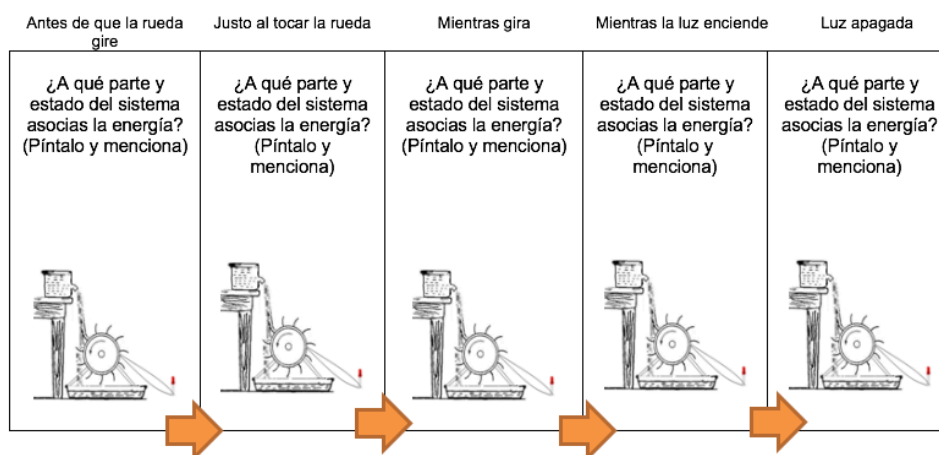


Figura 34. Extracto de la actividad analizada en el momento M1 para el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la naturaleza de la energía.

En el momento M3 se tareas preguntas de la actividad 1 del dossier 2 y 3 de la fase de expresar el modelo. Hasta ese momento los estudiantes habían ejecutado el dossier 1 en forma completa.

A pesar de que las tareas del dossier 2 y 3 están muy separadas a lo largo de la SEA, identificamos que la ejecución del dossier 2 completo no influyó directamente en el tipo de respuestas que dieron los estudiantes respecto a la naturaleza de la energía en las preguntas analizadas del dossier 3, debido a que este dossier se enfocaba en una construcción de las ideas de transferencia de energía a través de calor. Escogimos las preguntas del dossier 2 y 3 por ser similares en el cuestionamiento de dos fenómenos distintos (enfriamiento de la comida dentro de un bolso térmico y cambios de forma y posición de cuerpos en el momento de un choque). Nos enfocamos en que describieran cómo estaban los sistemas antes y después de una interacción y que fueran capaces de asociar esos estados a cambios en el estado o configuración de un sistema.

<p>DESDE NUESTRA PROPIA EXPERIENCIA...</p> <p>Cansado de esperar que el microondas de la universidad esté desocupado, para calentar su comida, Jordi decidió comprar aquellos bolsos térmicos que promocionan en televisión y dicen mantener la temperatura de los alimentos en su interior, gracias al material con el que están hechos. Para inaugurarlos Jordi cocinó una carbonada y la guardó caliente en un tupper, dentro del bolso, junto con un yogurt y una botella de agua fría. A la hora de almuerzo se dio cuenta que su carbonada estaba tibia y su yogurt y el agua se habían calentado.</p>		
<p>2.1.-¿Cómo está el sistema al inicio? ¿Qué variables asocias ese estado inicial?</p>	<p>2.3.-Explica en tus palabras cómo crees que se ha pasado del estado inicial al final</p>	

<p>DESDE NUESTRA PROPIA EXPERIENCIA...</p> <p>En la vida cotidiana vemos a menudo colisiones, algunas que pueden ser aprovechadas, como por ejemplo para provocar el movimiento de una pelota cuando el futbolista la golpea con su pie o el tenista con su raqueta, mientras que en otros casos las colisiones están asociadas a accidentes, que dejan como consecuencias daños y pérdidas tanto humanas como materiales.</p> <p>En base al análisis de las magnitudes físicas asociadas a estas interacciones, la policía puede elaborar sus informes e identificar factores de riesgo, así como también los deportistas pueden generar mejores estrategias para ganar las competencias.</p>		 
<p>2.1.-¿Qué cambios se asocian al estado del sistema?</p>	<p>2.3.-¿Cómo explicarías la relación de estos cambios y las variables asociadas a ellos energéticamente? ¿Qué ha pasado con la energía?</p>	

Figura 35. Extracto de las actividades analizadas en el momento M2 para el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la naturaleza de la energía.

Por lo tanto, para esta transición del M2 al M3 consideramos que influyó directamente la ejecución del dossier 1 en forma completa y la forma de preguntar en el momento 3, en la que guiamos a los estudiantes a describir qué cambios ocurren en los sistemas e interpretar nuevos fenómenos utilizando el modelo construido. De esta forma las fases de expresar el modelo de la actividad 1 de los dossiers 2 y 3 sirvieron como aplicación de las ideas del MCE a construir en el dossier 1 (naturaleza de la energía), aunque este no era directamente su objetivo didáctico para las ideas a construir en los dossiers 2 y 3 (transferencia de energía mediante calor y trabajo).

Dentro de la evolución del modelo de energía de los estudiantes respecto a la idea de naturaleza de energía no existe otra transición de momentos tan significativa para provocar un aumento drástico de estadios, más bien fueron transiciones adecuadas para seguir manteniendo a estudiantes en los estadios más altos (ES3 y ES4) del modelo. Sin embargo, podemos destacar la transición del momento M4 al M5, considerando que dentro de las transiciones siguientes fue la segunda con más alta concentración de estudiantes

(después del momento M3) que se mantuvieron en modelos sofisticados (ES4) con un 82%.

En la Figura 36 podemos observar esta transición del momento M4 al M5 e identificar los procesos asociados a ella.

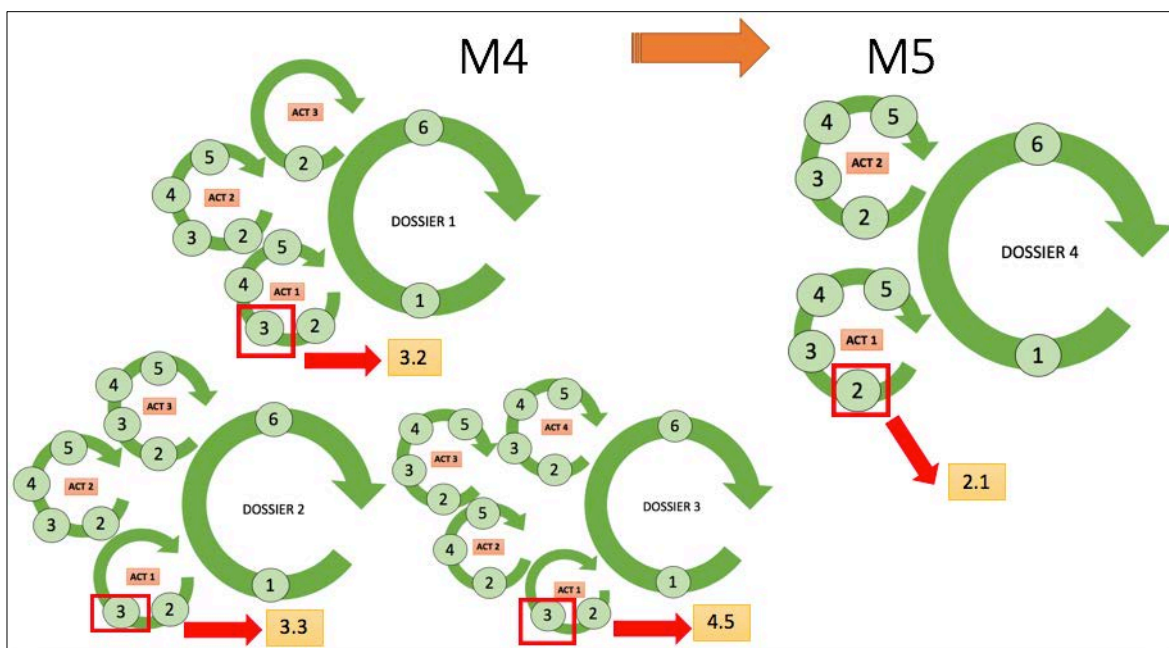


Figura 36. Actividades asociadas a la transición del momento M4 al M5 en el análisis de la evolución de la idea de naturaleza de la energía.

Durante el momento M4 se analizan tareas de la fase de evaluar el modelo de los dossiers 1, 2 y 3, que en conjunto potenciaron que los estudiantes se mantuvieran en niveles sofisticados (77% en ES4 y 23% en ES3).

Durante el momento M5 se analiza un ejercicio de la actividad 1 del dossier 4 de la fase de expresar el modelo. Este ejercicio guiaba a los estudiantes a describir los sistemas e identificar los cambios de una etapa a otra en una cadena energética. El fenómeno a analizar fue distinto y se centró en el análisis del proceso de frenada de un automóvil desde antes de que el coche se moviera, mientras se movía, al frenar y al cabo de unos minutos cuando su disco de frenos caliente e incandescente se comienza a enfriar. Al igual que en el momento M3, la fase de expresar el modelo cumplió el rol de aplicación de las ideas de los alumnos sobre la naturaleza de la energía.





Antes que la rueda gire	Mientras las rueda gira	Justo después de frenar	Al cabo de unos minutos
<p>¿A qué asociamos la energía?</p> 	<p>¿A qué asociamos la energía?</p> 	<p>¿A qué asociamos la energía?</p> 	<p>¿A qué asociamos la energía?</p> 
<p>¿Qué cambios se producen?</p>			
<p>¿Con qué mecanismo de transferencia de energía asocias los cambios?</p>			
<p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p>	<p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p>	<p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p>	<p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p>

Figura 37. Extracto de las actividades analizadas en el momento M5 para el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la naturaleza de la energía.

En la transición del momento M4 al M5 consideramos que influyó la ejecución completa del dossier 1, la fase de expresión del modelo de los dossiers 2 y 3 y el tipo de tareas planteadas, en las que guiamos al estudiante a describir los estados de los sistemas e identificar los cambios de una etapa a otra y con los aportes de los dossiers 2 y 3, a identificar que los cambios son de naturaleza diferente (unos de temperaturas y otros de posición o velocidad).

4.1.2.3. Ideas de los estudiantes respecto a la transferencia de la energía

La siguiente gráfica graduada en tonalidades azules (ver Figura 38) nos da a conocer la evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la transferencia de la energía a lo largo de la SEA, fijándonos en los 7 momentos descritos en el capítulo 3. En el eje de las Y podemos observar el nivel de sofisticación y coherencia de las ideas de los estudiantes sobre la transferencia de la energía respecto al MCE y en el eje X la evolución de estas ideas a lo largo de siete momentos de la SEA.

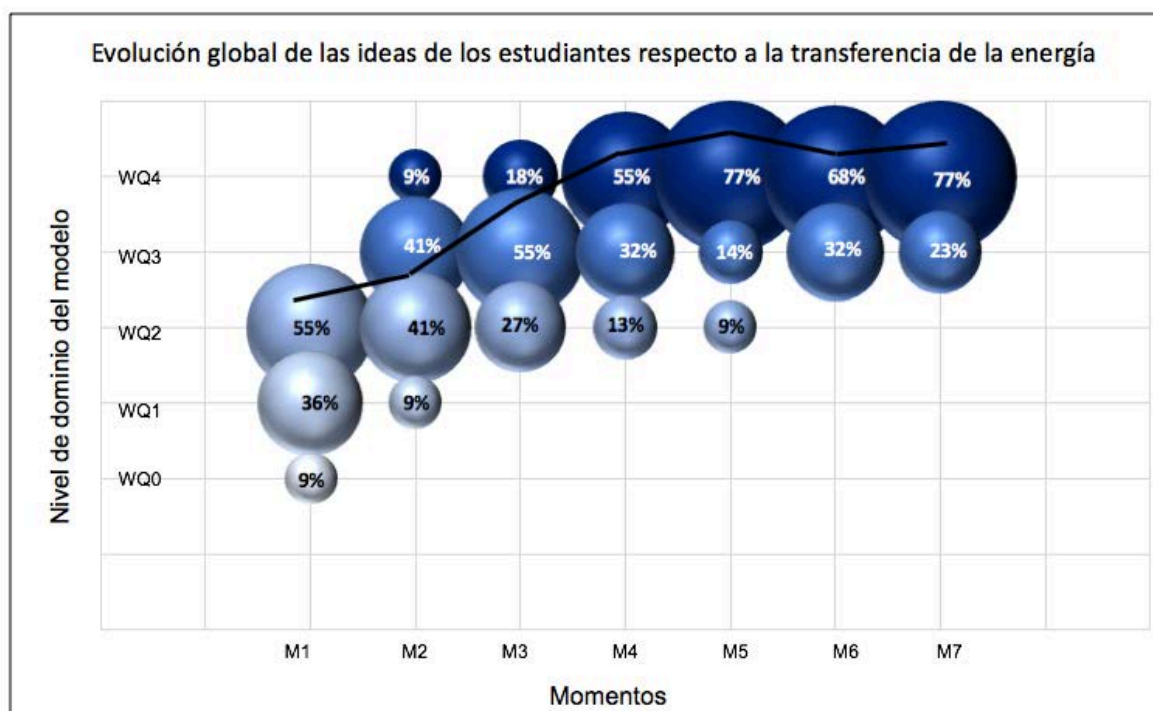


Figura 38. Evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la transferencia de la energía a lo largo de la SEA.

Las ideas sobre la transferencia de la energía que muestran los estudiantes en el momento 1 son inicialmente poco adecuadas, situándose la mayoría de los estudiantes (55%) en un estadio con un bajo grado de sofisticación (WQ2) respecto al MCE de energía. Con un 36% y en el mismo momento es muy mencionado el estadio de transformación de la energía (WQ1). A pesar de tener un nivel inicial con una leve presencia de la idea de transferencia entre sistemas o partes de sistemas a otros, el resultado es muy positivo, considerando que pudo ser más recurrente el uso de la famosa afirmación científica en las aulas de ciencia *“la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma”* que resulta ser poco útil para explicar fenómenos que nos rodean y que mantiene mucha vigencia aún en el currículo chileno.

En el momento M1 se analizó una tarea que demandaba a los estudiantes analizar el camino de la energía a lo largo de una cadena de cambios asociada al funcionamiento de un montaje experimental que simulaba una central hidroeléctrica. En esta tarea los estudiantes fueron capaces de ir describiendo el estado del sistema antes y después en un proceso, con la intención de identificar un cambio y este asociarlo a una transferencia de energía. Por ejemplo: A10 *“En un primer momento tenemos energía potencial debido a la diferencia de altura y cinética debido a la velocidad cuando cae. La energía potencial se transforma a cinética. Al llegar a la rueda tenemos que una parte se disipa debido al calor, pero gran parte sigue siendo cinética e impulsa el movimiento de la rueda. Este movimiento genera una diferencia de potencial y circula corriente que enciende la ampolla”*.

Consideramos que el análisis del camino de la energía, enfatizando en que los estudiantes identifiquen los cambios y expliquen cómo es posible que un sistema esté de una forma y luego de otra, les permite hablar más en términos de transferencia de la energía.

En el momento M2, hay dos estadios que predominan, el mayor porcentaje de estudiantes se ubica en el estadio WQ2 (41%) y con el mismo porcentaje el estadio WQ3. Estos porcentajes revelan que un grupo de estudiantes comienza a mencionar estadios más sofisticados, disminuyendo considerablemente en número de estudiantes que continúan hablando de transformaciones de energía (9%).

Al igual que en el momento M1, las tareas asociadas al momento M2 se orientan en que los estudiantes puedan describir cómo están los sistemas antes y después en un proceso para luego dar una explicación de cómo ocurren estos cambios. Las tareas analizadas siguen esta idea, pero además tienen un contexto que permite que los estudiantes identifiquen con mayor facilidad si los cambios se han producidos o por la acción de fuerzas (trabajo) o por la interacción de cuerpos a diferente temperatura (calor).

Por ejemplo: A2 *“La pelota tiende a ser recibida por la raqueta, se aplica una fuerza para generar cambio de posición y velocidad. La energía se transfiere de un cuerpo a otro al momento de generar el choque. Existe una fuerza que genera un cambio de estado en la pelota (velocidad y posición)”*.

A2 *“Al encontrarse tres cuerpos en un sistema aislado y cada uno con diferencias de temperaturas, el sistema tenderá al equilibrio al transmitir calor, quedando todos los cuerpos con una temperatura similar”*.

En el ejemplo recién presentado, el estudiante reconoce los cambios en el estado del sistema atribuidos a la aplicación de una fuerza, pero sin mencionar que es un trabajo. Y en el caso del calor, identifica los elementos de la transferencia asociada, pero considera que el calor es lo que se transfiere, evidenciando confusión en la comprensión de este mecanismo. Tal como le ocurre a este estudiante a muchos otros les ocurre lo mismo, identifican o explican de mejor manera un mecanismo que otro. El análisis de alumno por alumno revela que en general los estudiantes reconocen con mayor facilidad el mecanismo de calor que el de trabajo.

En el momento M3 aumenta el número de estudiantes que comienzan a explicar los fenómenos utilizando aspectos de la transferencia de energía e identificando uno de los mecanismos, situándose un 55% en el estadio ES3. Un 18% de los futuros profesores reconoce adecuadamente ambos mecanismos (WQ4). En este momento desaparece el número de estudiantes que menciona la transformación de la energía.

El momento M4 refleja el uso sofisticado de las ideas respecto a la transferencia, situándose un 55% de los estudiantes en el estadio WQ4, un 32% en el estadio WQ3 y un 13% el estadio WQ2. En las tareas analizadas en este momento se propone a los estudiantes que expliquen un nuevo fenómeno (incandescencia del disco de frenos de un coche rally por la acción del rozamiento) utilizando las ideas construidas. Los resultados dan evidencia de que los estudiantes son capaces de identificar cómo se transfiere la energía entre sistemas o partes del sistema y a través de qué mecanismos. Por ejemplo: A3 *“El trabajo hecho por la fuerza de roce en los discos de frenos transmite la energía cinética de la rueda al entorno, además el disco experimenta un aumento de temperatura debido al trabajo y esto conlleva a que se encuentre en un estado de rojo vivo, por lo que empezará a transmitir energía al entorno mediante calor. Luego de un tiempo, el disco dejará de estar al rojo vivo debido a que encontró el equilibrio térmico con el sistema”*.

En el momento M5 un 77% de los estudiantes utiliza en sus explicaciones las ideas de transferencia de la energía del estadio WQ4, un 14% las del estadio WQ3 y un 9% las del estadio WQ2. A partir de este momento los estudiantes se comienzan a concentrar siempre en los estadios superiores cercanos al MCE de energía que se pretende que construyan.

En los momentos M6 y M7 se mantiene la tendencia de los estudiantes que utilizan las ideas de transferencia de la energía más sofisticadas en sus explicaciones, incluso en las tareas del examen. El grupo de estudiantes que no logra acceder al estadio WQ4, en los

momentos mencionados, presentan confusiones en la explicación de los fenómenos que involucran calentamientos (aumentos de temperatura), no logrando diferenciar si se producen por la acción de rozamiento (trabajo) o por la interacción con otro cuerpo a diferente temperatura (calor).

En una de las demandas del examen se solicita a los estudiantes explicar el camino de la energía asociado al funcionamiento de una central termoeléctrica. Esta demanda tenía un rol aplicación para identificar qué ideas del modelo energético utilizaban los estudiantes y pudimos observar que la mayoría de los estudiantes fue capaz de responder adecuadamente asociando los mecanismos de transferencia de energía a los cambios en el estado del sistema. Por ejemplo: A3 *“Mediante una fuente de combustión se transfiere energía mediante calor a una caldera con agua, haciendo que esta se evapore. Luego el vapor del agua generará una presión sobre la turbina, de tal manera que empezará a moverse, debido al trabajo que genera la presión, transfiriéndole energía a la turbina. A la vez la turbina transferirá energía, pero a nivel micro, de tal manera que se produzca una corriente eléctrica en el generador. Debido a la excitación de los electrones por el trabajo, la corriente eléctrica se transmite a los transformadores para que se transmita y distribuya por una red, haciendo funcionar algún artefacto”.*

4.1.2.4. Análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la transferencia de la energía y actividades que aportan a su sofisticación

En las siguientes tablas podemos observar con mayor detalle la evolución de las ideas de transferencia de la energía de los estudiantes en cada momento de análisis, complementando con una visión alumno a alumno la evolución general de estas ideas del modelo de energía de los estudiantes presentada en la gráfica de esferas (figura 38). El objetivo es identificar las transiciones con más potencial de mejora didáctica (mayor aprendizaje) de los alumnos en las ideas sobre la transferencia de la energía del MCE objeto de estudio.

En el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la transferencia de la energía del momento M1 al M2 se observa que un 82% de los estudiantes asciende de un estadio menos sofisticado a uno más sofisticado predominando saltos de un nivel de un estadio a otro, en este caso un 41% de WQ2 a WQ3 y un 23% de saltos de WQ1 a WQ2.

Un 18% de los estudiantes de mantiene con el mismo porcentaje en los dos estadios menos sofisticados del modelo (WQ2 y WQ1). Finalmente ninguno de los estudiantes experimenta retrocesos en las ideas relacionadas con la transferencia de la energía.

Esta primera transición fue clave para que los estudiantes concentrados en su mayoría en el momento M1 en el estadio WQ2 (55%), pasaran de hablar en términos de transferencia de la energía, sin reconocer mecanismos, a una idea de transferencia identificando mecanismos de transferencia en el momento M2. Un 41% de los estudiantes menciona uno de los dos mecanismos (WQ3) y un 9% de los estudiantes identifica ambos mecanismos (WQ4).

Otro hito importante es que de un 36% de estudiantes que habla en términos de transformación de la energía en el M1 solo un 9% lo sigue realizando en el M2.

Tabla 47. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea WQ del M1 al M2

M1→ M2					
Acción	Saltos	Evolución de los estadios	% de alumnos	Alumnos	% total de estudiantes
Suben	Sube 1	WQ2 → WQ3	41%	A1-A2-A3-A4-A8-A10-A11-A14-A15	82%
		WQ1 → WQ2	23%	A5-A13-A17-A19-A21	
	Sube 2	WQ2 → WQ4	4,5%	A12	
		WQ0 → WQ2	9%	A18-A22	
	Sube 3	WQ1 → WQ4	4,5%	A6	
Se mantienen	Se mantiene	En WQ2	9%	A16-A9	18%
		En WQ1	9%	A7-A20	
Bajan	Baja	-----	-----	-----	0%

En el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la transferencia de la energía del momento M2 al M3, se observa que un 42% de los estudiantes asciende de un estadio inferior a uno superior predominando saltos de un nivel de un estadio a otro superior, en este caso un 14% sube del estadio WQ3 al WQ4, un 14% del estadio WQ2 al WQ3 y un 4,5% del estadio WQ1 al WQ2. A partir de estos resultados podemos mencionar que un 100% de los estudiantes habla en utilizando ideas de la transferencia de energía coherentes con el MCE. Un 49% de los estudiantes se mantienen en el mismo estadio predominando el estadio WQ3 en un 27% y finalmente un 9% desciende un estadio del WQ4 al WQ3 mencionando solo uno de los mecanismos de transferencia de energía.

Esta transición no es una de las cruciales en términos de ascensos a estadios más sofisticados, sin embargo es la que genera los ascensos clave para que todos los estudiantes utilicen las ideas respecto a la transferencia de energía en sus explicaciones, dejando de hablar en términos de transformaciones de energía.

Tabla 48. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea WQ del M2 al M3

M2→ M3					
Acción	Saltos	Evolución de los estadios	% de alumnos	Alumnos	% total de estudiantes
Suben	Sube 1	WQ3 → WQ4	14%	A2-A3-A4	42%
		WQ2 → WQ3	14%	A5-A17-A19	
		WQ1 → WQ2	4,5%	A20	
	Sube 2	WQ2 → WQ4	4,5%	A9	
		WQ1 → WQ3	5%	A7	
Se mantienen	Se mantiene	En WQ3	27%	A1-A8-A10-A11-A14-A15	49%
		En WQ2	22%	A13-A16-A18-A21-A22	
Bajan	Baja	WQ4 → WQ3	9%	A6-A12	9%

En el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la transferencia de la energía del momento M3 al M4, se observa que un 54% de los estudiantes asciende de un estadio inferior a uno superior predominando saltos de un nivel de un estadio a otro, en este caso un 31% sube del estadio WQ3 al WQ4 y un 9% del estadio WQ2 al WQ3. Un 28% de los estudiantes se mantiene en el mismo nivel, predominando los estudiantes que permanecen en el estadio ES3 (14%). Finalmente un 18% de los estudiantes descienden de un nivel a otro inferior, con el mismo porcentaje del estadio WQ4 al WQ3 y del WQ3 al WQ2.

Esta transición fue clave para posicionar a un 55% de los estudiantes en el estadio WQ4 y a un 32% en el WQ3, es decir, que en este momento los estudiantes utilizan ideas de la transferencia de la energía cercanas al MCE que se pretende que construyan.

Tabla 49. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea WQ del M3 al M4

M3→ M4					
Acción	Saltos	Evolución de los estadios	% de alumnos	Alumnos	% total de estudiantes
Suben	Sube 1	WQ3 → WQ4	31%	A1-A6-A10-A12-A14-A15-A17	54%
		WQ2 → WQ3	9%	A18-A21	

	Sube 2	WQ2 → WQ4	14%	A13-A16-A20	
Se mantienen	Se mantiene	En WQ4	9%	A2-A3	28%
		En WQ3	14%	A5-A7-A19	
		En WQ2	5%	A22	
Bajan	Baja	WQ4 → WQ3	9%	A4-A9	18%
		WQ3 → WQ2	9%	A11-A8	

En el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la transferencia de la energía del momento M4 al M5, se observa que un 23% de los estudiantes asciende de un estadio inferior a uno superior predominando saltos de un nivel (WQ3 a WQ4) en un 23%. La mayoría de los estudiantes se mantiene en el estadio WQ4 (54,5%) y ningún estudiante desciende a un estadio inferior. Esta transición no fue clave para evidenciar evolución de las ideas respecto a la transferencia de la energía, pero si para mantener a estudiantes en un nivel sofisticado y lograr que un 77% de ellos se ubique en WQ4, el estadio más sofisticado y deseado.

Tabla 50. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea WQ del M4 al M5

M4→ M5					
Acción	Salto	Evolución de los estadios	% de alumnos	Alumnos	% total de estudiantes
Suben	Sube 1	WQ3 → WQ4	23%	A4-A5-A9-A19-A21	27,5%
		WQ2 → WQ3	4,5%	A11	
Se mantienen	Se mantiene	En WQ4	54,5%	A1-A2-A3-A6-A10-A12-A13-A14-A15-A16-A17-A20	72,5%
		En WQ3	9%	A7-A18	
		En WQ2	9%	A8-A22	
Bajan	Baja	-----	-----	-----	0%

En el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la transferencia de la energía del momento M5 al M6, se observa que un 18% de los estudiantes asciende de un estadio inferior a uno superior a través de saltos de un estadio, en este caso con la misma proporción saltos desde WQ3 a WQ3 y de WQ2 a WQ3. Gracias a este leve porcentaje de aumento un 100% de los estudiantes menciona adecuadamente al menos un mecanismo de transferencia de energía. La mayoría de los estudiantes se mantiene en el estadio WQ4 (59%) y un 18% de los estudiante desciende a un estadio inferior, en este caso de WQ4 a WQ3. Esta transición no fue clave para evidenciar evolución de las ideas respecto a la transferencia de energía, pero si para mantener a estudiantes en un nivel sofisticado y lograr que un 68% de ellos se ubique en WQ4 y un 32% en el estadio WQ3.

Tabla 51. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea WQ del M5 al M6

M5→ M6					
Acción	Saltos	Evolución de los estadios	% de alumnos	Alumnos	% total de estudiantes
Suben	Sube 1	WQ3 → WQ4	9%	A7-A18	18%
		WQ2 → WQ3	9%	A8-A22	
Se mantienen	Se mantiene	En WQ4	59%	A1-A2-A3-A4-A6-A9-A10-A12-A13-A14-A15-A17-A19	64%
		En WQ3	5%	A11	
Bajan	Baja	WQ4 → WQ3	18%	A5-A16-A20-A21	18%

Finalmente, en el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la transferencia de la energía del momento M6 al M7, se observa que un 14% de los estudiantes asciende de un estadio inferior a uno superior a través de saltos de un estadio, en este caso en un 14% desde WQ3 a WQ4. Tres de los cuatro estudiantes que en la transición del momento M5 a M6 habían descendido desde WQ4 a WQ3 en esta nueva transición vuelven a subir al estadio más sofisticado permitiendo que un 77% de los estudiantes se mantenga en el estadio WQ4. Un 81% de los estudiantes se mantiene en el mismo estadio predominando con un 63% los estudiantes en WQ4 y en segundo lugar con un 23% los estudiantes en WQ3. En esta transición ningún estudiante desciende de un estadio superior a un estadio inferior.

Esta transición no fue clave para evidenciar una evolución de las ideas respecto a la transferencia de energía de los estudiantes, pero si para mantenerlos en un nivel sofisticado y demostrar que un 77% de ellos fueron capaces de aplicar el modelo respecto a la idea de transferencia de energía construida en la explicación de nuevos fenómenos en el contexto del examen.

Tabla 52. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea WQ del M6 al M7

M4→ M5					
Acción	Saltos	Evolución de los estadios	% de alumnos	Alumnos	% total de estudiantes
Suben	Sube 1	WQ3 → WQ4	14%	A5-A16-A20	14%
Se mantienen	Se mantiene	En WQ4	63%	A1-A2-A3-A4-A6-A7-A9-A10-A12-A13-A14-A15-A17-A19	81%
		En WQ3	18%	A8-A11-A21-A22	
Bajan	Baja	WQ4 → WQ3	5%	A18	5%

En base a los resultados presentados es evidente identificar que hubo tres transiciones didácticamente más importantes (que consiguen mejores avances en las ideas de los alumnos) para el ascenso de los estudiantes de estadios inferiores a estadios sofisticados, en el caso de las ideas sobre transferencia de la energía fueron las del M1 al M2; del M2 al M3 y del M3 al M4, el resto de transiciones contribuyeron en mantener a los estudiantes en los estadios más sofisticados.

La primera transición identificada del M1 al M2 permitió situar a un 9% de los estudiantes en el estadio WQ4, a un 41% en el estadio WQ3 y a un 41% en el estadio WQ2, disminuyendo el número de estudiantes que hablaban de aspectos relacionados con la transformación de la energía y sobre todo aumentando el número de estudiantes que comenzaron a hablar utilizando aspectos de las ideas de la transferencia de energía sin identificar mecanismos a comenzar a mencionar adecuadamente al menos uno de ellos. Esta transición es engañosa al mirarla directamente de la gráfica de evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la transferencia de la energía (esferas graduadas en tonalidades azules), sin embargo, es la que produce más aumentos considerando que un 82% de los estudiantes sube a estadios más sofisticados.

Esta transición se representa en la Figura 39. En ella podemos observar los diseños didácticos de los dossiers 1, 2 y 3.

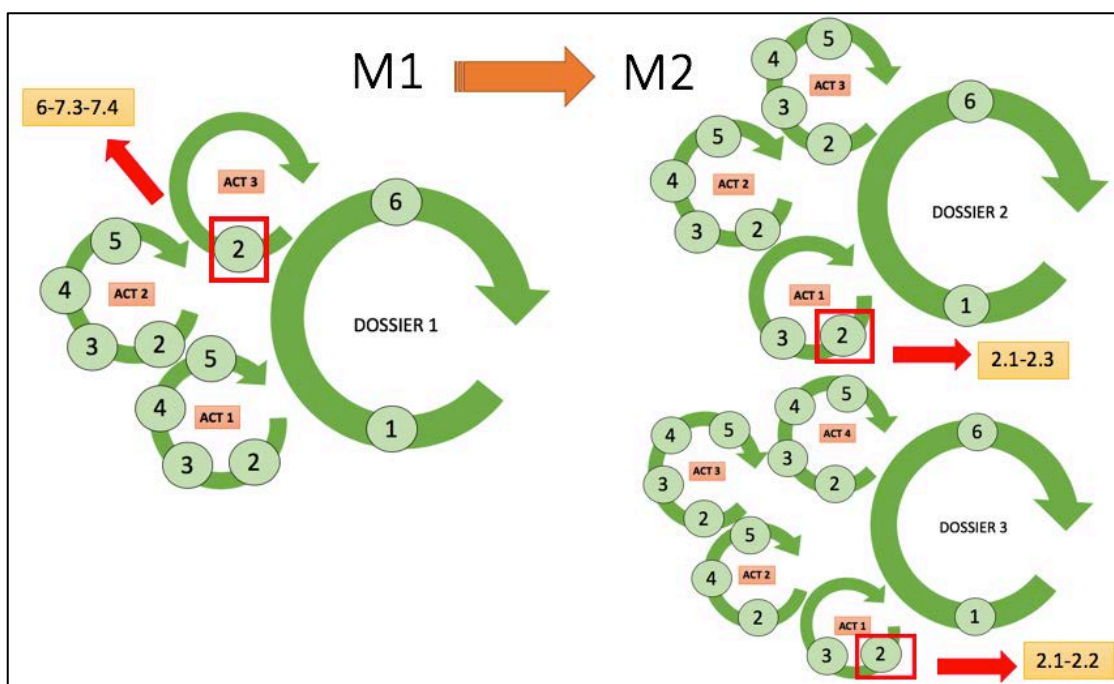


Figura 39. Actividades asociadas a la transición del momento M1 al M2 en el análisis de la evolución de la idea de transferencia de la energía.

En el momento M1 se analizan tareas de la fase de expresar el modelo de la actividad 3 del dossier 1. Esa actividad fue diseñada para que los estudiantes comenzaran a realizar sus primeras explicaciones en términos de transferencia de energía a través del análisis de una cadena energética asociada al funcionamiento de un montaje experimental que simula a una central hidroeléctrica. Se esperaba que los estudiantes expresaron su modelo de energía con aspectos de la transferencia, analizando el camino de la energía desde que el agua está contenida en un recipiente (embalse), comienza a caer, enciende a una luz led y hasta que la led de apaga.

En el momento M2 se analizan tareas de la fase de expresar el modelo de la actividad 1 de los dossiers 2 y 3. Estas tareas además de potenciar aspectos sobre la naturaleza de la energía, a través del análisis de cómo está un sistema en cada fase e identificar los cambios de estado o configuración de un sistema, permitían que los estudiantes explicaran cómo eran estos cambios y a qué variables se asociaban. Así podían identificar que eran cambios de naturaleza distinta, unos asociados a fuerzas que provocaban desplazamientos o deformaciones (trabajo) y otros asociados a la interacción entre cuerpos a diferentes temperaturas (calor).

En la Figura 39 podemos observar que en el M1 los estudiantes ya han ejecutado dos ciclos de las actividades 1 y 2 del dossier 1. En estas dos actividades se potenciaron aspectos sobre la naturaleza de la energía y sus subideas de valor absoluto y aprovechamiento energético, por lo que consideramos que no fueron claves para que los estudiantes dieran evidencia de aspectos sofisticados de la transferencia de la energía en la actividad 3. Sin embargo, esto no evita que de igual forma estas actividades hayan contribuido. Por lo tanto, consideramos que la fase 2 del ciclo de modelización de la actividad 3, es el primer momento real donde los estudiantes dan evidencias de aspectos en torno a la transferencia de la energía.

A partir de la actividad 3 del dossier 1, los estudiantes pueden identificar cambios asociados a los estados del sistema e ir explicando qué pasa con la energía de una fase a otra y con las tareas del momento 2 los estudiantes pueden reconocer que los cambios son de naturaleza diferente. Por lo tanto, consideramos que el aumento en el porcentaje de estudiantes en esta transición se asocia a las tareas analizadas en sí, más que a los procesos previos vividos. La formulación de las preguntas en base a la descripción de los cambios de estado y la identificación de variables asociadas a los cambios permitieron que

los estudiantes comenzaran a reconocer los mecanismos de transferencia de la energía de un momento a otro.

La segunda transición importante identificada fue la del M2 al M3. Esta transición no fue de las más cruciales en términos de ascenso de un estadio a otro, pero fue clave para que el 100% de los estudiantes utilizara los aspectos sobre la transferencia de energía dejando de hablar en términos de transformaciones de energía. A partir de esta transición un 55% de los estudiantes da evidencia de ideas en el estadio WQ4 y un 32% en el estadio WQ3 en el momento M3.

En la Figura 40 se pueden identificar los momentos de análisis de M2 y M3. Una parte de la figura fue aclarada para indicar ciclos que han sido ejecutados previos al análisis de estos momentos.

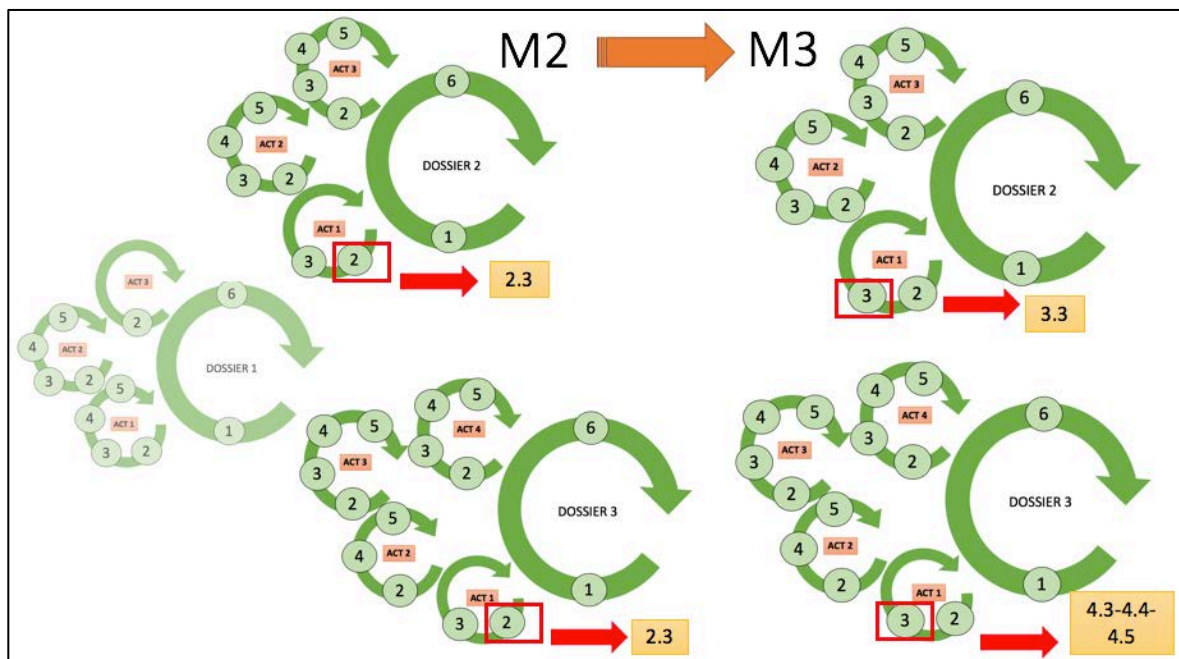


Figura 40. Actividades asociadas a la transición del momento M2 al M3 en el análisis de la evolución de la idea de transferencia de la energía.

Las tareas analizadas del momento M2 las dimos a conocer en los resultados de la transición entre los momentos M1 y M2. A través de ellas los estudiantes pudieron comenzar a asociar los cambios en el estado de los sistemas con los mecanismos de transferencia de energía correspondientes. En el momento 3, se analizan tareas de la fase de evaluar el modelo de los dossiers 2 y 3. Hasta ese momento, para el análisis de la idea de transferencia de energía a través de calor los estudiantes habían ejecutado el dossier 1

en forma completa (zona aclarada en la figura) y la fase de expresión del modelo del dossier 2; mientras que para el análisis de la transferencia de energía a través de trabajo los estudiantes habían ejecutado el dossier 1 y 2 en forma completa y la fase de expresar el modelo del dossier 3.

A pesar de que las preguntas del dossier 2 y 3 estaban muy separadas a lo largo de la SEA, consideramos que la ejecución del dossier 2 completo no influye en el tipo de respuestas que dieron los estudiantes en torno a la transferencia de la energía en las preguntas analizadas del momento M3 del dossier 3. Esto debido a que el dossier 2 se enfocaba en una construcción de los aspectos de la transferencia de energía a través de calor. Por lo tanto, para esta transición del M2 al M3 consideramos que influyó directamente que los estudiantes pudieran evaluar / poner a prueba sus modelos de energía respecto a la idea de transferencia de la energía a través de trabajo y calor a partir de la experimentación planteada en la actividad 1 del dossier 2 y 3.

Durante el momento M3 los estudiantes experimentan midiendo variaciones de temperatura en vasos aislantes, conductores, más anchos o más estrechos (dossier 2) y midiendo cambios de velocidades de coches con masas o materiales distintos que chocan (dossier 3), fenómenos que pudieron interpretar y explicar en términos de transferencias de energías a través de trabajo y/o calor.

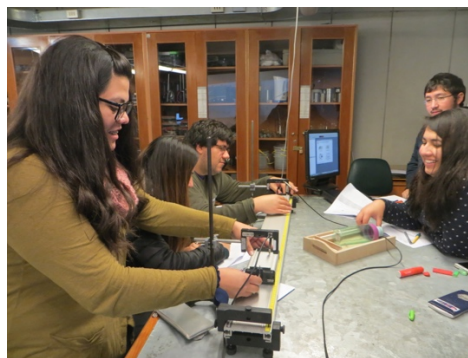


Figura 41. Estudiantes evaluando sus ideas respecto a la transferencia de la energía.

Consideramos que a partir de la experimentación y las demandas de análisis posterior a esta, los estudiantes que estaban en niveles más bajos fueron capaces de identificar la naturaleza distinta de los cambios y realizar mejores explicaciones de los fenómenos. Gracias a esta transición todos los estudiantes utilizan aspectos relacionados con la transferencia de energía y dejan de hablar de transformaciones de energía.

Finalmente, en la última transición clave en la evolución de los estudiantes respecto a la transferencia de la energía fue la del momento M3 al M4 en la que un 54% de los estudiantes asciende de un estadio inferior a uno superior. Gracias a esta transición un 55% de los estudiantes logra posicionarse en el estadio ES4 y un 32% en el estadio ES3.

Las preguntas asociadas al momento M3, fueron descritas a partir de la transición del M2 al M3. Estas tenían como finalidad que los estudiantes evaluaran su modelo incluyendo aspectos de sus observaciones e interpretaciones experimentales, en la actividad 1 de los dossiers 2 y 3. A su vez, el momento M4 estuvo formado por tareas de expresión del modelo de la actividad 1 del dossier 4, tal como se muestra en la Figura 42.

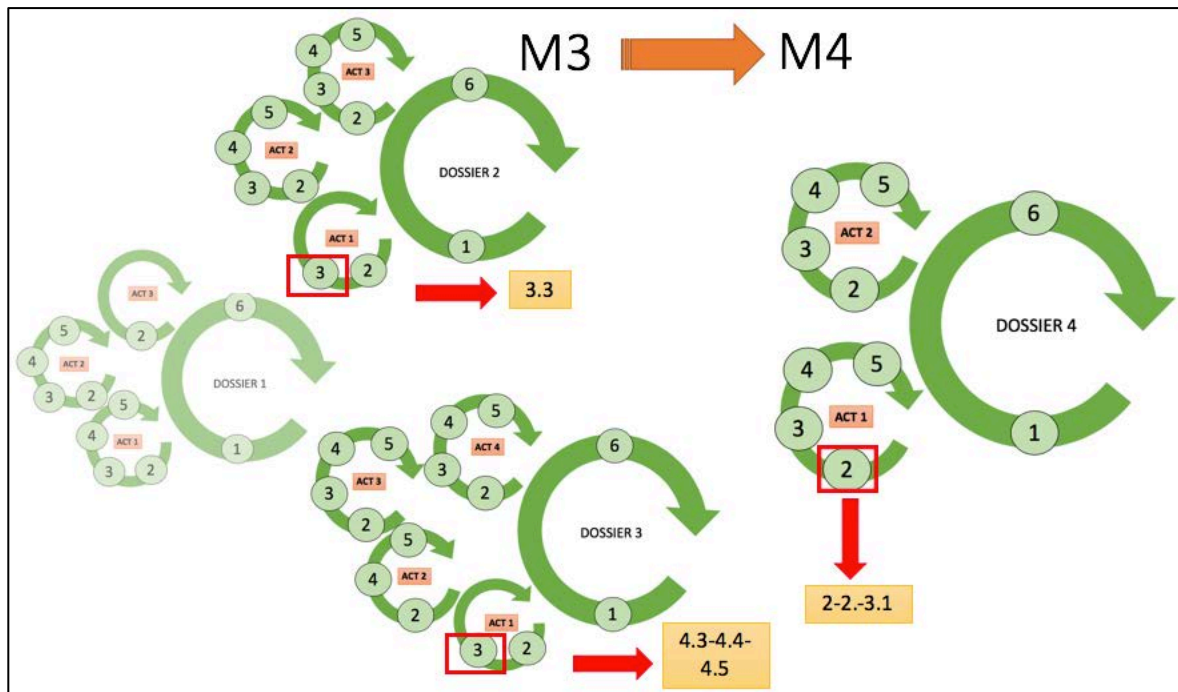


Figura 42. Actividades asociadas a la transición del momento M3 al M4 en el análisis de la evolución de las ideas de transferencia de la energía.

En el momento M4 los estudiantes ya han ejecutado por completo los dossiers 1, 2 y 3, lo tanto, se espera que utilicen el modelo de energía construido con aspectos que incluyan la idea de transferencia de la energía con los mecanismos de trabajo y calor, en las explicaciones que realizan en las tareas de la fase de expresar el modelo del dossier 4.

Las tareas planteadas en este momento permitían a los estudiantes explicar el fenómeno del calentamiento del disco de frenos de un coche rally por la acción del rozamiento (trabajo) durante la frenada, identificando los cambios en cada etapa y asociando un

mecanismos de transferencia a cada tipo de cambio. Al igual que en otras oportunidades, la fase de expresar el modelo funcionó como una aplicación del modelo de energía construido para el análisis de nuevos fenómenos.

Por lo tanto, para la transición del momento M3 al M4 consideramos que fue esencial la ejecución de la actividad 3 del dossier 1 y los dossiers 2 y 3 en forma completa para que los estudiantes identificaran los cambios en los estadios del sistema y esos cambios posteriormente los asociaran a transferencias de energía a través de calor o de trabajo.

Dentro de la evolución de los aspectos relacionados con la transferencia de la energía, no existe otra transición de momentos tan significativa para provocar un aumento drástico, más bien fueron transiciones adecuadas para que los estudiantes siguieran dando evidencia en sus producciones de aspectos encontrados en los estadios más altos WQ3 y WQ4. Sin embargo, también destacamos la transición del momento M4 al M5 por concentrar, por primera vez, a un porcentaje tan alto de estudiantes en el estadio WQ4.

Durante la transición del estadio M4 al M5 un 77% de los estudiantes da evidencia de aspectos relacionados con el estadio WQ4 y un 14% con el estadio WQ3. Esta transición estuvo marcada por un aumento de un 27,5% de los estudiantes de un estadio menos sofisticado a uno más sofisticado. Este pequeño ascenso y el número de estudiantes que sigue mencionando aspectos encontrados en el estadio ES4, se asocia a la ejecución de la actividad 3 del dossier 1, a la ejecución completa de los dossiers 2 y 3 y al rol de la evaluación del modelo (experimentación y poner a prueba las ideas) de la actividad 1 del dossier 4.

Los estudiantes experimentan con un montaje que simula el sistema de frenado de un automóvil. Con un sensor de temperatura pueden medir el aumento de esta en una placa de cobre (analogía con el disco de frenos de un coche) provocada por el rozamiento y la disminución de temperatura por el contacto con el ambiente (a menor temperatura). Luego de experimentar los estudiantes analizan cómo se ha transferido la energía y a través de qué mecanismos, identificando a qué sistema asocian la energía, describiendo su estado y explicando qué cambios se generan.

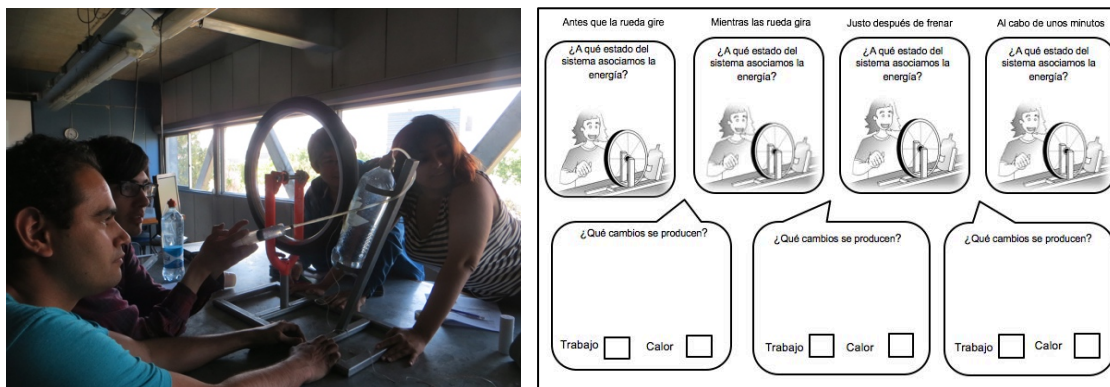


Figura 43. Estudiantes evaluando sus ideas respecto a la transferencia de la energía.

En la transición de los momentos M5 al M6 un 68% de los estudiantes da evidencia en sus producciones de aspectos relacionados con el estadio WQ4 y un 32% con el estadio WQ3. En esta transición se puede apreciar que los estudiantes utilizan los aspectos relacionados con la transferencia de la energía en la explicación de nuevos fenómenos en tareas de la fase de aplicación de los dossiers 2 y 3. En la transición del momento M6 al M7 los estudiantes siguen demostrando un buen uso del modelo de energía que han construido en el análisis de nuevos fenómenos de aplicación en el examen, dando evidencia en sus producciones de un dominio de la idea de transferencia de la energía al encontrarse en un 77% en el estadio WQ4 y en un 23% en el estadio WQ3.

4.1.2.5. Ideas de los estudiantes respecto de la degradación de la energía

La siguiente gráfica graduada en tonalidades amarillas (ver Figura 44) nos da a conocer la evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la degradación de la energía a lo largo de la SEA, fijándonos en los 6 momentos descritos en el capítulo 3. En el eje de las Y podemos observar el nivel de sofisticación y coherencia de las ideas de los estudiantes sobre la degradación de la energía respecto al MCE y en el eje X la evolución de estas ideas a lo largo de 6 momentos de la SEA.

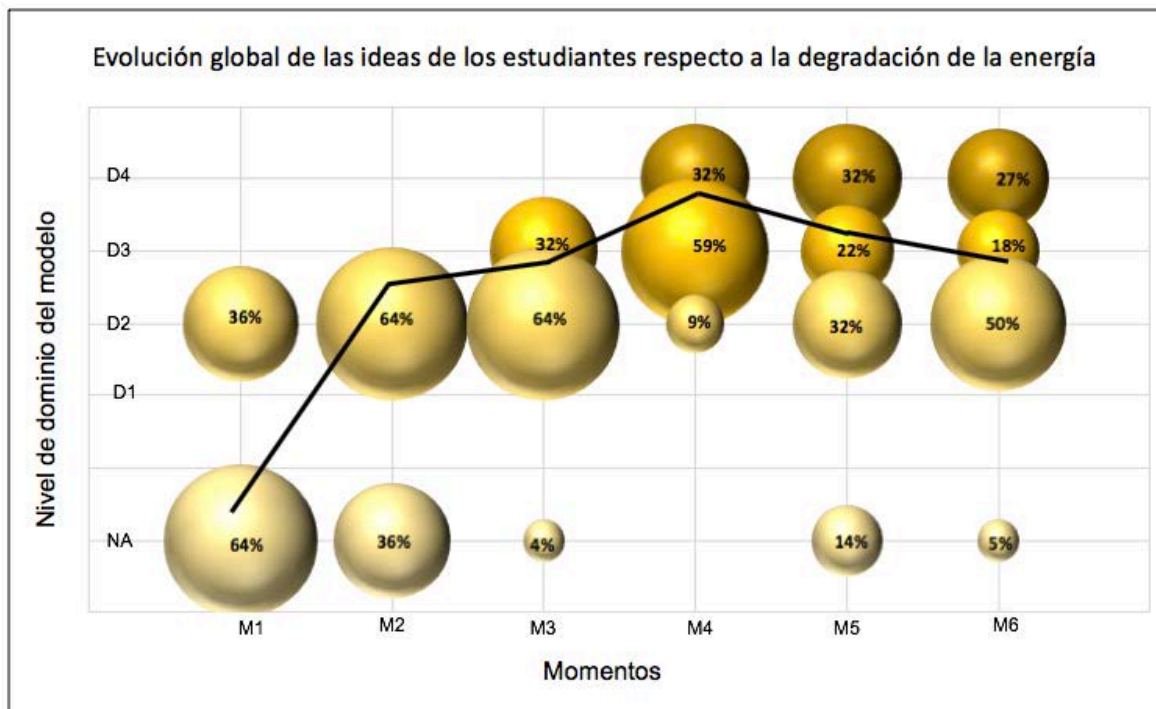


Figura 44. Evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la degradación de la energía a lo largo de la SEA.

En el momento M1 las ideas sobre la degradación de la energía prácticamente no son utilizadas por la mayoría de los estudiantes en un 64% y solo un 36% de los estudiantes menciona ideas respecto a la degradación de la energía identificando la disipación de la energía a lo largo de una cadena energética (estadio D2).

En este momento se analizan las explicaciones que realizan los estudiantes acerca del camino de la energía asociada al funcionamiento de una central hidroeléctrica (simulada con un montaje experimental). Se escoge esta demanda para analizar desde un momento muy inicial que ideas tienen los estudiantes respecto a la degradación de la energía y se puede apreciar que solo algunos identifican la disipación de la energía, tal como lo realiza el estudiante A16 *“Parte con la energía potencial cuando el agua comienza a caer (altura), luego al tocar la rueda se transfiere la energía cinética (velocidad). El movimiento de la rueda hace que la energía cinética se transfiera en trabajo mecánico a la rueda conectada a los cables, donde se transforma el trabajo en energía eléctrica. La energía eléctrica llega a la bombilla y se transfiere energía térmica. La energía se transfiere y puede tener ciertas disipaciones”*.

En el momento M2, es evidente el aumento de estudiantes que pasan de no mencionar aspectos relacionados con la degradación de la energía en un 64%, a los que comienzan

a mencionarlos en un 64%. Predomina la cantidad de estudiantes que identifica la disipación de la energía en las cadenas energéticas.

En este momento se cambia el fenómeno y se solicita a los estudiantes que analicen por qué la comida en el interior de un bolso térmico se enfría al cabo de un tiempo y que expliquen qué sucede durante un choque y por qué es posible observar que luego de un impacto los coches se deformen. En base a estas situaciones, los estudiantes fueron capaces de describir cómo estaban los sistemas antes y después de un cambio, asociaron los cambios con los mecanismos de transferencia de energía trabajo y/o calor e identificaron que no siempre toda la energía se transfiere de una parte de un sistema a otra, debido a que parte se transfiere a otro sistema "el ambiente". Por ejemplo: A10 *"El sistema busca llegar al equilibrio térmico, por lo que existe transferencia de energía desde la carbonada caliente hacia el agua y el yogurt. Además, el bolso no es 100% aislante, por lo que también hay disipación de calor"... "La energía cinética asociada a la rapidez de los automóviles se transformó y ayudó al sistema a cambiar su estado. La energía se transformó y parte de ella se disipa a través de calor, por acción de la fuerza de roce"*.

En el momento M3 la mayoría de los estudiantes utiliza las ideas respecto a la degradación de la energía en sus explicaciones, pudiéndose ubicar un 32% en el estadio D3 y un 64% el estadio D2. Hasta este momento aún no se observa un gran porcentaje de estudiantes que utilicen las ideas más sofisticadas y cercanas al MCE que pretendemos que construyan.

En este momento, en una de las tareas se solicita a los estudiantes que describan el camino de la energía asociado a la incandescencia del disco de frenos de un coche rally y explicaran si la energía que se ha invertido en mover las ruedas del coche y luego la energía invertida en frenar el coche se puede aprovechar para otra cosa. Esta tarea permitió que los estudiantes comenzaran a sofisticar su idea de disipación de la energía a la idea de degradación, apreciando que en una cadena de cambios la energía va perdiendo la capacidad de generar nuevos cambios. En este momento los estudiantes no llegaron a hablar de degradación de la energía en el estadio D4, pero si a identificar que la energía es menos aprovechable para generar nuevos cambios porque se ha disipado. Por ejemplo: A3 *"La energía que se invirtió en mover la rueda se puede aprovechar si se configura algún sistema que aproveche el movimiento de la rueda, pero la energía invertida en frenar el coche no es aprovechable debido que esta energía se está disipando en forma de calor"*.

En el momento M4 los resultados dan evidencia de una evolución muy positiva, un 59% de los estudiantes explica los fenómenos utilizando las ideas del estadio D3, un 32% utiliza las ideas más sofisticadas del estadio D4 y solo un 9% sigue mencionando la idea de disipación de la energía en el estadio D2. Sin duda, este es el momento en el que más estudiantes se concentran en los estadios más sofisticados. Detallaremos las demandas realizadas a los estudiantes más adelante.

En el momento M5 un 32% de los estudiantes realiza explicaciones utilizando ideas del estadio D4, un 22% las ideas del estadio D3 y un 32% las ideas del estadio D2. En este momento, las tareas analizadas estaban enfocadas en que los estudiantes utilizaran las ideas respecto a la conservación de la energía en sus explicaciones en vez que las de degradación de la energía, por lo tanto, que un 86% responda utilizando estos tres estadios es muy favorable.

En el momento M6 un 50% de los estudiantes utiliza las ideas del estadio D2 en sus explicaciones, un 27% las ideas del estadio D4 y un 18% las ideas del estadio D3. En las tareas analizadas (del examen) se pide explicar el camino de la energía asociado al proceso de generación de electricidad de una central termoeléctrica; explicar el camino de la energía asociado a la incandescencia del disco de frenos de un coche rally y explicar por qué el consumo de combustible de los automóviles es mayor dentro de la ciudad que en una carretera. Al ser tareas más centradas en la idea de transferencia de la energía, los estudiantes se centran en explicar la cadena de cambios identificando los mecanismos y sobre todo identificando la disipación de la energía en ciertas partes del proceso, pero dejan de centrar su atención en la pérdida de la utilidad de la energía a lo largo de ella.

Un ejemplo de estudiante que intenta integrar la lógica del modelo D4 en su respuesta es: A1 *“La energía está inicialmente asociada a la combustión. La energía se transfiere de los combustibles al agua casi sin degradación ni disipación de la energía útil. Esta energía que se transfirió por calor cambió el estado del sistema y el estado de la materia del agua. El vapor se eleva y se introduce en una cañería. La energía cinética que se asocia al vapor en movimiento se transfiere a las aspas a través de trabajo. La energía aprovechable es mucha y útil. Se genera electricidad por la interacción con el dínamo y generador. La energía es potencial y cinética y se asocia a la electricidad y se transfiere hasta el hogar. Finalmente, la energía se transfiere de la resistencia al agua por calor”*. En general se observa que las tareas del examen fueron sobre todo útiles para las ideas respecto a la transferencia de la energía.

4.1.2.6. Análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la degradación de la energía y actividades que aportan a su sofisticación

En las siguientes tablas podemos observar con mayor detalle la evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la degradación de la energía en cada momento de análisis complementando con una visión alumno a alumno la evolución general de estas ideas del modelo de energía de los estudiantes presentada en la gráfica de esferas (figura 44). El objetivo es identificar las transiciones con más potencial de mejora didáctica (mayor aprendizaje) de los alumnos en las ideas sobre la degradación de la energía del MCE objeto de estudio.

En el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la degradación de la energía del momento M1 al M2, se observa que un 32% de los estudiantes asciende de un estadio inferior a uno superior a través de saltos de tres niveles, en este caso desde no mencionar aspectos en torno a la degradación de la energía (NA) a comenzar a mencionar los del estadio D2. Un 63% de los estudiantes se mantiene en el mismo estadio, con el mismo porcentaje en el estadio D2 (32%) y en NA (32%). Finalmente un estudiante que mencionaba el estadio D2 deja de mencionarlo.

Si bien esta transición no fue clave en el ascenso de estudiantes a estadios superiores, si fue importante para mantener a un 32% de los estudiantes en el estadio D2 y que al sumarlos con los estudiantes que evolucionan permiten situar a un 64% de los estudiantes en el estadio D2, disminuyendo el porcentaje de estudiantes que no mencionan aspectos relacionados con la degradación de la energía.

Tabla 53. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea D del M1 al M2

M1→ M2					
Acción	Saltos	Evolución de los estadios	% de alumnos	Alumnos	% total de estudiantes
Suben	Sube 3	NA → D2	32%	A2-A4-A5-A11-A14-A15-A17	32%
Se mantienen	Se mantiene	En D2	32%	A3-A6-A7-A10-A16-A18-A21	64%
		En NA	32%	A8-A9-A12-A13-A19-A20-A22	
Bajan	Baja	D2 → NA	4%	A1	4%

En el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la degradación de la energía del momento M2 al M3, se observa que un 59% de los estudiantes asciende de un

estadio inferior a uno superior predominando saltos de tres niveles, en este caso de no mencionar aspectos en torno a la degradación de la energía (NA) a comenzar a mencionarlos en el estadio D2 en un 27%. Otro ascenso importante en un 23% es el de estudiantes que comienzan a sofisticar sus explicaciones respecto a la degradación de la energía desde el estadio D2 al D3. En esta transición un 36% se mantiene en el estadio D2 y solo un estudiante desciende del estadio D2 a no mencionar aspectos.

Esta transición fue clave para comenzar a mencionar aspectos del estadio D3 y porque un 59% de los estudiantes ascienden de modelos inferiores a superiores.

Tabla 54. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea D del M2 al M3

M2→ M3					
Acción	Saltos	Evolución de los estadios	% de alumnos	Alumnos	% total de estudiantes
Suben	Sube 1	D2 → D3	23%	A3-A5-A6-A10-A15	59%
	Sube 3	NA → D2	27%	A1-A8-A9-A13-A20-A22	
		NA → D3	9%	A12-A19	
Se mantienen	Se mantiene	En D2	36%	A2-A7-A11-A14-A16-A17-A18-A21	36%
Bajan	Baja 3	D2 → NA	5%	A4	5%

En el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la degradación de la energía del momento M3 al M4, se observa que un 64% de los estudiantes asciende de un estadio inferior a uno superior predominando saltos de un estadio, en este caso de D2 a D3 en un 31% y saltos de dos estadios, en este caso de D2 a D4 en un 23%.

Esta transición es clave en generar que un máximo de estudiantes se concentre en los estadios superiores en un 32% en D4 y en un 59% en D3. Esta es una de las transiciones más importantes porque los estudiantes llegan a reconocer las ideas respecto a la degradación de la energía en su estadio más sofisticado y ningún estudiante desciende a estadios inferiores, además un 27% de los estudiantes que se mantiene lo hace en el estadio D3, es decir, en niveles sofisticados.

Tabla 55. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea D del M3 al M4

M3→ M4					
Acción	Saltos	Evolución de los estadios	% de alumnos	Alumnos	% total de estudiantes
Suben	Sube 1	D3 → D4	4,5%	A10	64%
		D2 → D3	32%	A7-A11-A13-A16-A17-A18-A22	
	Sube 2	D2 → D4	23%	A1-A2-A8-A9-A14	
	Sube 5	NA → D4	4,5%	A4	
Se mantienen	Se mantiene	En D3	27%	A3-A5-A6-A12-A15-A19	36%
		En D2	9%	A20-A21	
Bajan	Baja	-----	-----	-----	0%

En el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la degradación de la energía del momento M4 al M5 se observa, que un 13,5% de los estudiantes asciende de un estadio inferior a uno superior predominando saltos de un estadio, en este caso de D3 a D4 con un 9%. Un 40,5% de los estudiantes se mantiene en el mismo estadio, en este caso con un 18% en D4 y con el mismo porcentaje en D3. Finalmente el porcentaje de estudiantes que descienden de un estadio superior a uno inferior es el que predomina en un 46%. Los mayores retrocesos fueron de un estadio desde D3 a D2 en un 23%. En esta transición vuelven a aparecer estudiantes que explican los fenómenos sin utilizar ninguna idea respecto a la degradación de energía. Esta transición finaliza con un 32% de estudiantes en el estadio D4, 22% en D3 y 32% en D2.

Tabla 56. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea D del M4 al M5

M4→ M5					
Acción	Saltos	Evolución de los estadios	% de alumnos	Alumnos	% total de estudiantes
Suben	Sube 1	D3 → D4	9%	A3-A6	13,5%
	Sube 2	D2 → D4	4,5%	A21	
Se mantienen	Se mantiene	En D4	18%	A1-A4-A9-A10	40,5%
		En D3	18%	A7-A11-A13-A15	
		En D2	4,5%	A20	
Bajan	Baja 1	D4 → D3	4,5%	A8	46%
		D3 → D2	23%	A5-A16-A17-A18-A22	
	Baja 2	D4 → D2	4,5%	A2	
	Baja 4	D3 → NA	9%	A12-A19	
	Baja 5	D4 → NA	5%	A14	

Finalmente, en el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la degradación de la energía del momento M5 al M6, se observa que un 28% de los estudiantes asciende de un estadio inferior a uno superior predominando saltos de tres estadio, en este caso de no mencionar aspectos en torno a la degradación a mencionar los del estadio D2. Este ascenso del estadio NA a D2 corresponde a los estudiantes que en la transición del momento M4 al M5 habían experimentado retrocesos de estadios superiores a no mencionar aspectos relacionados con la degradación de la energía. En esta nueva transición ascienden pero mencionando un estadio inferior a la transición anterior.

En esta transición un 54% de los estudiantes se mantiene en el mismo estadio que mencionaban, predominando con un 27% el estadio D2. Finalmente 4 estudiantes descienden de un estadio superior a uno inferior, situándose 3 de ellos en el estadio D2 y solo uno que no menciona aspectos en torno a la degradación de la energía.

Esta transición finaliza con un 27% de los estudiantes en el estadio D4, con un 18% en el estadio D3 y con un 50% de estudiantes en el estadio D2. No predominan los estudiantes que utilizan las ideas respecto a la degradación de la energía más sofisticadas, pero un 95% utiliza las ideas respecto a la degradación de la energía en la explicación de nuevos fenómenos en el contexto de la aplicación (el examen).

Tabla 57. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea D del M5 al M6

M5→ M6					
Acción	Saltos	Evolución de los estadios	% de alumnos	Alumnos	% total de estudiantes
Suben	Sube 1	D3 → D4	9%	A7-A15	28%
		D2 → D3	5%	A20	
	Sube 3	NA → D2	14%	A12-A14-A19	
Se mantienen	Se mantiene	En D4	18%	A1-A3-A4-A10	54%
		En D3	9%	A8-A11	
		En D2	27%	A2-A5-A16-A17-A18-A22	
Bajan	Baja 1	D4 → D3	4,5%	A6	18%
		D3 → D2	4,5%	A13	
	Baja 2	D4 → D2	4,5%	A9	
	Baja 5	D4 → NA	4,5%	A21	

En base a los resultados presentados es evidente identificar que las transiciones didácticamente más importantes (las que consiguen mejores avances en las ideas de los estudiantes) fueron las del M1 al M2; del M2 al M3 y del M3 al M4. El resto de transiciones

contribuyeron en que los estudiantes siguieran utilizando ideas respecto a la degradación de la energía en sus explicaciones, aunque la distribución de los estadios D4, D3 y D2 no fue homogénea a lo largo de las transiciones siguientes, distinto a lo que ocurría con las ideas respecto a la naturaleza de la energía y la transferencia de la energía.

La primera transición identificada del M1 al M2 no contribuyó mayormente en un porcentaje de ascensos, más bien permitió que los estudiantes que mencionaban aspectos asociados al estadio D2 se mantuvieran y que los estudiantes que no mencionaban ningún aspecto en torno a la degradación de la energía comenzaran a mencionarlos. En concreto en el M1 un 64% de los estudiantes no mencionaba aspectos de la degradación de la energía y un 36% identificaba solo la disipación (D2), gracias a la transición al momento M2 este porcentaje se invirtió y un 64% de los estudiantes utilizó aspectos asociados al estadio D2 en sus explicaciones y un 32% continuó sin mencionar aspectos. En la Figura 45 podemos observar esta transición del momento M1 al M2 e identificar los procesos asociados a ella.

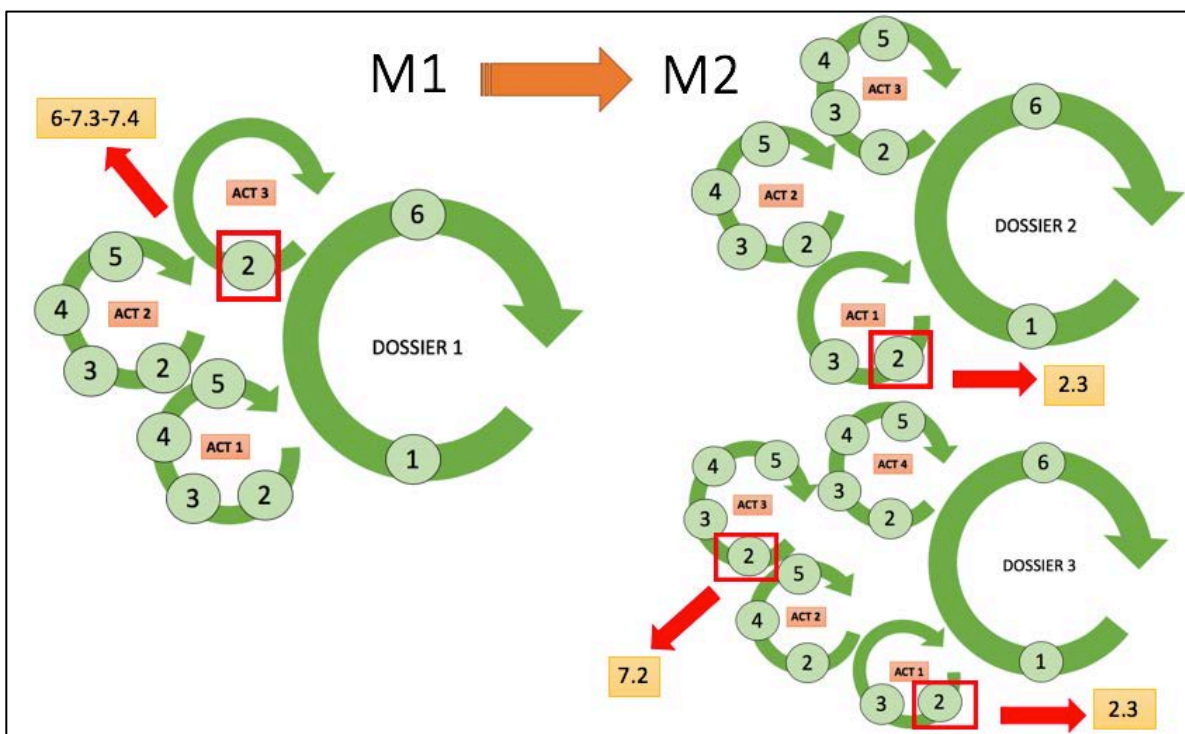


Figura 45. Actividades asociadas a la transición del momento M1 al M2 en el análisis de la evolución de la idea de degradación de la energía.

Las tareas analizadas durante el momento M1 pertenecen a la fase de expresar el modelo de la actividad 3 del dossier 1. En estas tareas se solicita a los estudiantes explicar el camino de la energía asociado al funcionamiento de una central hidroeléctrica simulada

con un montaje experimental. La intención fue que los estudiantes identificaran la degradación de la energía a lo largo de ella y los resultados mostraron que un 32% mencionó en sus aspectos solo la disipación de la energía, al final de la cadena energética (D2).

Durante el momento M2 se escoge una tarea de la fase de expresar el modelo de la actividad 1 del dossier 2 y dos tareas de la fase de expresar el modelo de la actividad 1 y 3 del dossier 3. Se escogen estas tareas en la fase inicial porque potenciaban el uso de aspectos de la transferencia de energía, a través del análisis de los cambios que experimentaban los sistemas debido a una transferencia de energía a través de trabajo y a través de calor. Analizando el fenómeno del enfriamiento de los alimentos dentro de un bolso térmico y la deformación de los coches durante un choque, se esperaba que los estudiantes mencionaran, dentro de esta cadena de transferencias de energía, aspectos en torno a la degradación de la energía. En concreto, los estudiantes que ya mencionaban aspectos del estadio D2 los siguen mencionando y los que no mencionaban aspectos ascendieron a este estadio sumando un 64%. En la gráfica de evolución de la idea de degradación de la energía de los estudiantes (gráfico de esferas en matices amarillos), se interpreta que hubo un gran aumento de estudiantes que evolucionan, pero en realidad no fue así y solo un 32% evolucionó de estadios menos sofisticados a estadios más sofisticados.

Asociamos la permanencia de los estudiantes en el estadio D2 y la evolución de los estudiantes a este mismo estadio, a la ejecución de la actividad 1 del dossier 1 y a las tareas analizadas el momento M2. Considerando que los contextos planteados permitieron que los estudiantes identificaran la disipación de la energía en los procesos.

La segunda transición importante fue la del M2 a M3 donde un 59% de los estudiantes aumento de estadios menos sofisticados a estadios más sofisticados. En el momento 3, la concentración de estudiantes en D2 se mantiene (64%) pero un 32% comienza a mencionar el estadio D3, de este modo un 96% de los estudiantes utiliza los aspectos de la degradación de la energía en sus explicaciones.

En la Figura 46 podemos observar esta transición del momento M2 al M3 e identificar los procesos asociados a ella.

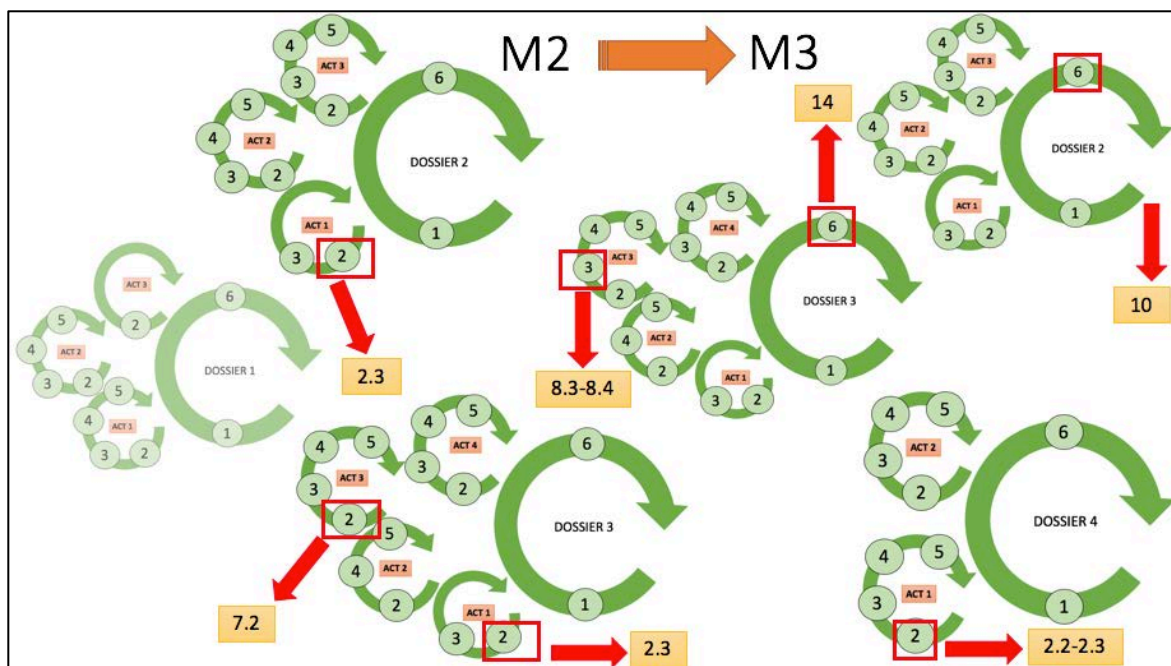


Figura 46. Actividades asociadas a la transición del momento M2 al M3 en el análisis de la evolución de la idea de degradación de la energía.

Durante el momento M2 ya ha transcurrido la ejecución completa del dossier 1 (aclarado en la imagen) y las tareas analizadas fueron descritas en los resultados de la transición del momento M1 al M2. Durante el momento M3 se escogen preguntas de la fase de aplicación del modelo de los dossiers 2 y 3, dos tareas de la fase de evaluar el modelo de la actividad 3 del dossier 3 y dos tareas de expresión del modelo de la actividad 1 del dossier 4. A través de las tareas de aplicación de los dossiers 2 y 3 se quería observar la presencia de los aspectos de degradación de la energía en contextos asociados a transferencias de energía a través de calor y trabajo.

Los fenómenos utilizados en estas aplicaciones fueron muy similares a los utilizados en la expresión del modelo de la actividad 1 de los dossiers 2 y 3 (comentados en la transición del momento M1 al M2). Se les pide volver a explicar los cambios que ocurren dentro del bolso térmico de alimentos donde se espera que mencionen aspectos de la transferencia de energía a través de calor y explicar por qué razón los fabricantes de los coches diseñan modelos de coches modernos más deformables en un choque en relación con los coches antiguos que eran menos deformables, donde se espera que mencionen aspectos de la transferencia de la energía a través de trabajo. Ambas situaciones permiten que los estudiantes analicen las cadenas energéticas y mencionen aspectos de la degradación de la energía asociados a las diferentes transferencias de energía de un sistema o partes del sistema a otras.

Las tareas de la fase de evaluar el modelo de la actividad 3 del dossier 3 contribuyeron a que los estudiantes identificaran que ocurría con la energía antes y después de un choque, pues midieron con una fotopuerta las velocidades de dos coches antes y después de un choque de tipo elástico y plástico e interpretaron estos resultados utilizando aspectos de las ideas de transferencia de la energía y degradación de la energía.

Además la tarea de expresar el modelo de la actividad 1 del dossier 4 actúa como una nueva pregunta de aplicación que permite el análisis de un nuevo fenómeno (calentamiento e incandescencia del disco de frenos del coche rally por acción del rozamiento) utilizando los aspectos de transferencia de energía a través de trabajo y calor (en conjunto) e incorporando los aspectos de la degradación de la energía en esta cadena de cambios. Además se les solicita a los estudiantes mencionar si la energía asociada al inicio del proceso (ruedas del coche girando) es igual de aprovechable que la energía asociada al final del proceso (disco de frenos caliente y en interacción con el ambiente). En este momento en concreto un 64% de los estudiantes da evidencia de respuestas encontradas en el estadio D2 y un 32% en el estadio D3, comenzando a incorporar la idea de disminución del aprovechamiento energético a lo largo de una cadena de cambios.

Consideramos que los elementos claves para la transición del M2 al M3 fueron la ejecución completa de los dossiers 1, 2 y 3, que permitieron el uso de aspectos relacionados con la degradación de la energía en la explicación de un nuevo fenómeno en el dossier 4. Sin embargo, en un análisis más detallado, hemos identificado que las tareas de la fase de evaluar el modelo de la actividad 3 del dossier 3, posterior a la experimentación, también fueron claves para que los estudiantes mencionaran aspectos relacionados con la degradación de la energía e incluso de la conservación de la energía (que explicaremos más adelante).

Finalmente, la transición más importante fue la del momento M3 al M4, considerando que en ella un 64% de los estudiantes asciende de un estadio inferior a uno superior, de este modo en el momento M4 un 32% de los estudiantes se sitúa en el estadio D4, un 59% en el estadio D3 y un 9% en el estadio D2. En concreto un 91% de los estudiantes utiliza aspectos relacionados con la degradación de la energía en los estadios más sofisticados del MCE. En la Figura 47 podemos observar esta transición del momento M3 al M4 e identificar los procesos asociados a ella.

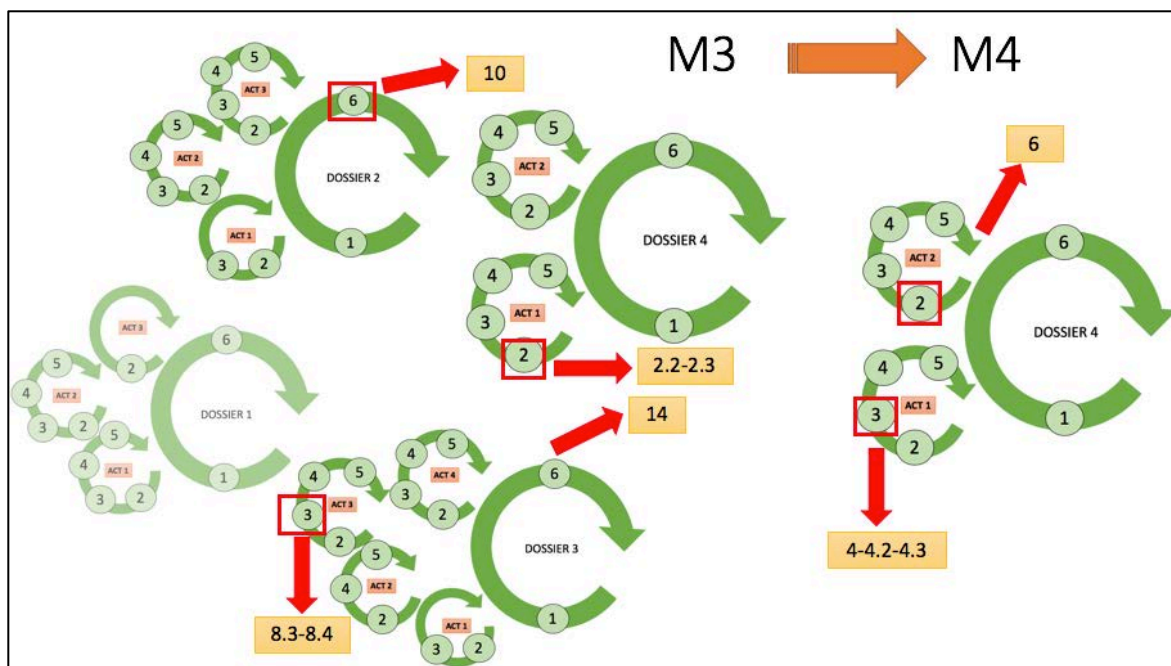


Figura 47. Actividades asociadas a la transición del momento M3 al M4 en el análisis de la evolución de la idea de degradación de la energía.

Durante el momento M3 ya ha transcurrido la ejecución completa del dossier 1 (aclarado en la imagen) y las tareas analizadas fueron descritas en los resultados de la transición del momento M2 al M3. Durante el momento M4 se escogen tareas de la fase de evaluar el modelo de la actividad 1 del dossier 4 y una tarea de la fase de expresar el modelo de la actividad 2 del dossier 4.

Como hemos explicado en el apartado de metodología, las tareas escogidas para el análisis de la idea de degradación y conservación de la energía fueron las mismas y en este caso, las tareas de la actividad 1 del dossier 4 se enfocan más en un uso de las ideas relacionadas con la degradación de la energía y la tarea de la actividad 2 del dossier 4 se enfoca más en el uso de los aspectos relacionados con la conservación de la energía.

Las tareas de la fase de evaluar el modelo de la actividad 1 del dossier 4, se plantean luego de que los estudiantes experimentaran con un montaje que simula el funcionamiento de un sistema de frenado de un automóvil. Se plantean preguntas abiertas que permiten que los estudiantes expliquen la cadena energética asociada al dispositivo, fijándose en las diferentes etapas: rueda del montaje experimental quieta, rueda girando, rozamiento entre la placa y la rueda, placa de cobre caliente y finalmente la placa de cobre fría. También se plantea un ejercicio en el que los estudiantes tienen que analizar e identificar qué tan aprovechable es la energía disponible en cada etapa del funcionamiento del montaje

experimental y mencionar qué pueden hacer con esta energía en cada etapa de la cadena de cambios.

En la transición del momento M3 al M4 los estudiantes han ejecutado los dossiers 1, 2 y 3 en forma completa, los que han contribuido para que los estudiantes comiencen a mencionar aspectos relacionados con la degradación de la energía, sobre todo se encontró evidencia de aspectos en los estadios D2 y D3. Pero, consideramos que las tareas claves para que los estudiantes incluyeran aspectos del estadio D4 en sus explicaciones, fueron las asociadas a la fase de evaluar / poner a prueba el modelo de la actividad 1 del dossier 4, en particular la pregunta 4 y 4.3 que demanda a los estudiantes explicar el fenómeno utilizando los conceptos de aprovechamiento, utilidad y calidad de la energía a lo largo de los procesos. En la pregunta 4 se solicitó a los estudiantes que explicaran *¿de qué otras maneras se podría aprovechar la energía en cada etapa?*, a continuación de experimentar utilizando un montaje experimental que simulaba el sistema de frenado de un coche.



Figura 48. Estudiantes evaluando sus ideas respecto a la degradación de la energía.

En un esquema formado por viñetas en las que se identifican etapas de la cadena energética (antes de que la rueda gire, mientras gira, justo al frenar y al cabo de unos minutos), los estudiantes van mencionando posibles cosas que pueden ir realizando con la energía disponible en cada etapa, por ejemplo: En la primera etapa, en vez de hacer girar la rueda, con la misma energía se podría haber lanzado, elevado, etc., provocando así nuevos cambios. Con la rueda en movimiento, en vez de frenarla se podría haber hecho mover un generador para encender una luz, o conectarla a una polea para levantar otra masa, mientras que, posterior a la frenada y al calentamiento del cobre, las posibilidades de otros cambios imaginables se reducen, pero todavía podríamos usar ese ligero calentamiento para calentar otras cosas. Con esta actividad los estudiantes llegan a concluir que el aprovechamiento de energía no es siempre el mismo, que la gama de

nuevos cambios posibles se reduce en cada paso, disminuyendo la energía útil y que en las transferencias por calor la energía es después difícilmente aprovechable para hacer trabajo.

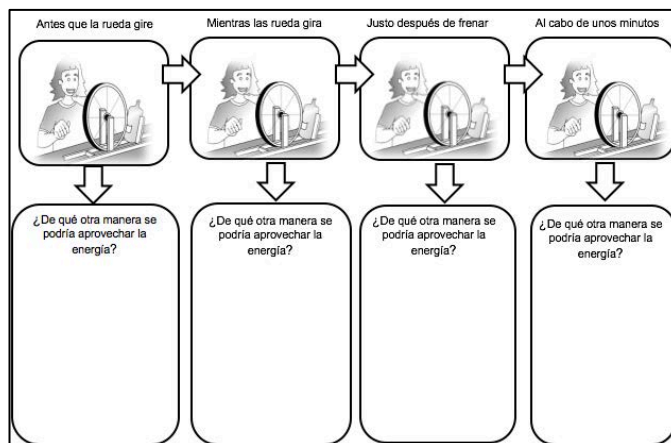


Figura 49. Extracto de una actividad analizada en el momento M4 para promover la evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la degradación de la energía.

Por ejemplo: A1 “No toda la energía que se transfiere es útil y aprovechable para un mecanismo en particular. La energía útil depende del dispositivo del sistema y la función que le queremos dar. La energía que es transferida a través de trabajo es aprovechable y útil, mientras que al final ese calentamiento y enfriamiento es inútil y poco aprovechable” o A2 “La posibilidad de aprovechamiento inicial es alta en comparación a la del estado final y junto a ello su utilidad es mayor en comparación a la última. La mayor calidad se observa en un comienzo y se va perdiendo a medida que los tipos de transferencia se van reduciendo a aspectos más micro”.

Las transiciones de los momentos M4 al M5 y M5 al M6 no fueron claves para el ascenso de las ideas de los estudiantes a estadios superiores, pero permitieron que un gran porcentaje de estudiantes siguiera mencionando aspectos relacionados con la degradación de la energía.

4.1.2.7. Ideas de los estudiantes respecto de la conservación de la energía

La siguiente gráfica graduada en tonalidades naranjas nos da a conocer la evolución de las ideas de los estudiantes respecto de la conservación de la energía a lo largo de la SEA, fijándonos en los 6 momentos descritos en el capítulo 3. En el eje de las Y podemos observar el nivel de sofisticación y coherencia de las ideas de los estudiantes sobre la

conservación de la energía respecto al MCE y en el eje X la evolución de estas ideas a lo largo de 6 momentos de la SEA.

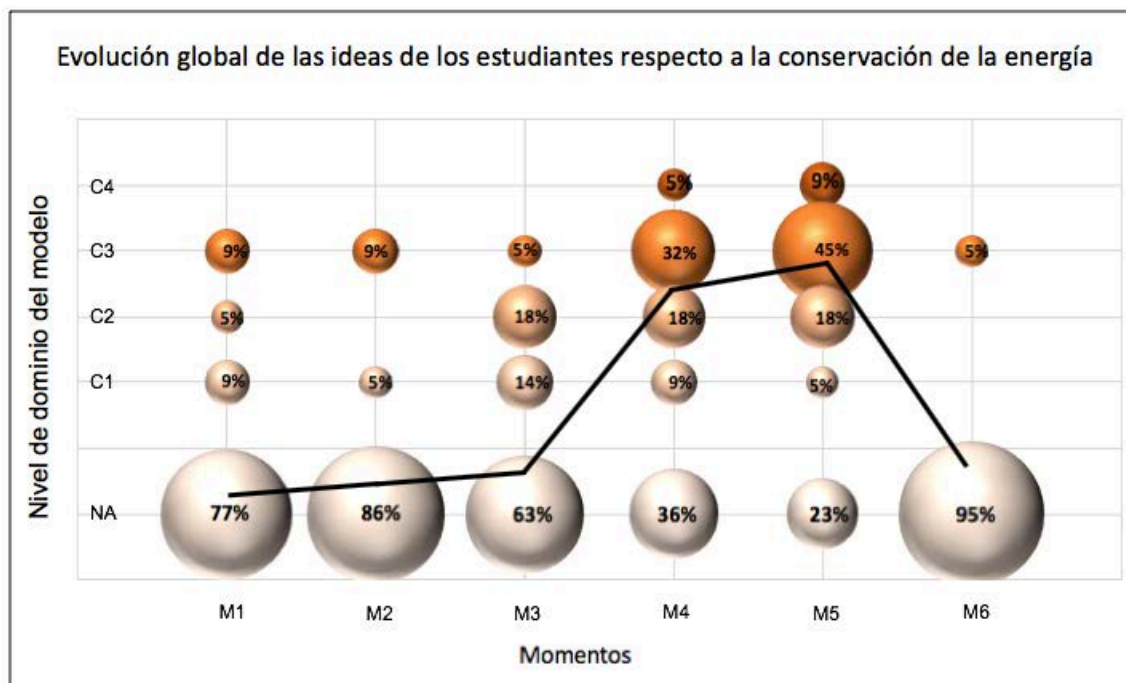


Figura 50. Evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la conservación de la energía a lo largo de la SEA.

De todas las ideas del modelo energético de los estudiantes que hemos descrito, las ideas respecto a la conservación de la energía son las que evidencian una menor progresión. Las tareas analizadas para la evolución de las ideas respecto a la conservación y la degradación de la energía fueron las mismas pensando que son ideas que se asocian y que podrían ser nombradas juntas, pero la Figura 50 muestra que en los momentos M1, M2 y M3 predomina el número de estudiantes que no menciona aspectos de la conservación de la energía en un 77%, 68% y 63% respectivamente, mientras que las ideas respecto a la degradación de la energía fueron más mencionadas en estos mismos momentos.

En el momento M1 un 9% de los estudiantes mencionan que la energía se conserva, un 5% menciona que no se conserva porque se disipa y un 9% menciona que no se conserva o que se puede perder a lo largo de los cambios. En el momento M2 la situación sigue siendo prácticamente la misma con un 9% de los estudiantes que menciona que la energía se conserva.

En el momento M3 existe un leve aumento de estudiantes que señala explicaciones con ideas asociadas al estadio C2. Este leve aumento se asocia a la actividad experimental del dossier 3 en la que los estudiantes midieron variaciones de velocidad de los dos coches en una simulación de un choque e identificaron que la cantidad de energía del sistema antes y después del choque no se conservaba. En base a esta evidencia experimental señalan que la energía no se conserva pues se disipa después de un choque, por ejemplo: A5 *“Cuando los carros rebotan la energía se conserva, cuando quedan unidos se transfiere y no se conserva porque se disipa en la deformación de los materiales”*. Así como esta actividad promovió ese leve aumento, en algunos casos generó que los estudiantes asociaran esas disipaciones con pérdidas de energía, considerando que un 14% menciona el estadio C1.

En el momento M4 se comienza a observar un mayor uso de ideas respecto a la conservación de la energía de estadios más sofisticados, donde un 5% explica los fenómenos utilizando ideas del estadio C4 y un 32% utiliza ideas del estadio C3. En este momento un 18% de los estudiantes sigue considerando que la energía no se conserva porque se disipa (C2), un 9% considera que no se conserva y un 36% de los estudiantes continúa sin utilizar ningún estadio en sus explicaciones.

En el momento M5 un 54% de los estudiantes utilizan aspectos de los dos estadios más sofisticados respecto a la conservación de la energía, con un 9% los estudiantes explican los fenómenos usando ideas del estadio C4 y un 45% utilizan ideas del estadio C3. Este momento es importante pues solo un 23% de los estudiantes continúan sin utilizar aspectos respecto a la conservación de la energía, siendo el único momento con un porcentaje de estudiantes tan bajo situados en el estadio NA.

En el momento M6 al analizar las tareas de aplicación del examen, los estudiantes no mencionan aspectos en torno a la conservación de la energía en sus respuestas. Hemos mencionado anteriormente que las preguntas del examen tuvieron una mayor efectividad para el análisis de las ideas relacionadas con la transferencia de energía. También se observa, que en un menor grado, los estudiantes utilizan ideas respecto a la degradación de energía para explicar aspectos de la cadena de cambios. Por lo tanto, consideramos que los estudiantes no requieren utilizar en sus explicaciones los aspectos relacionados con conservación de la energía por la naturaleza de las preguntas.

A lo largo del análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la conservación de la energía se puede apreciar que las ideas del MCE de energía mejor construidas, con un mayor porcentaje de estudiantes que las utilizan para sus explicaciones, son las ideas respecto a la naturaleza de la energía y a la transferencia de la energía. En un menor grado utilizan ideas respecto a la degradación de la energía, mientras que las ideas menos mencionadas son las de conservación de la energía. Se ve que para construir de forma más adecuada esta idea del MCE es necesario contextualizar o dirigir más las tareas para que los estudiantes la consideren dentro de sus explicaciones de los fenómenos.

Estos resultados son coherentes con los de Neumann et al. (2013) quienes en sus estudios de progresiones de aprendizaje de la energía destacan que la menor dificultad presente en los estudiantes es identificar aspectos en torno a ideas relativas a las formas y fuentes de energía, mientras que las ideas en relación a la conservación de energía tienen un grado de dificultad alta, incluso mayor que las de degradación de la energía (tal y como Solomon lo propuso hace más de 50 años, Solomon 1982; 1985).

4.1.2.8. Análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la conservación de la energía y actividades que aportan a su sofisticación

En las siguientes tablas podemos observar la evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la conservación de la energía en cada momento de análisis, complementando con una visión alumno a alumno la evolución general de estas ideas del modelo de energía de los estudiantes presentada en la gráfica de esferas (Figura 50). El objetivo es identificar las transiciones con más potencial de mejora didáctica (mayor aprendizaje) de los alumnos de las ideas sobre la conservación de la energía del MCE objeto de estudio.

En el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la conservación de la energía del momento M1 al M2, se observa que un 13,5% de los estudiantes asciende de un estadio inferior a uno superior predominando saltos de 4 estadios, en este caso un 9% asciende del estadio NA, es decir, de no mencionar aspectos relacionados con la conservación de la energía a identificar que la energía se conserva (C3).

La mayoría de los estudiantes no menciona, en esta transición, ningún aspecto relacionado con la conservación de la energía (64%) y finalmente un 22,5% de estudiantes que

mencionaba alguna idea respecto a la conservación de la energía dejó de mencionarla en el momento M2.

Esta transición no contribuyó en que los estudiantes evolucionaran en sus ideas respecto a la conservación de la energía, considerando que un 86% de los estudiantes no utiliza esta idea para explicar los fenómenos.

Tabla 58. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea C del M1 al M2

M1→ M2					
Acción	Saltos	Evolución de los estadios	% de alumnos	Alumnos	% total de estudiantes
Suben	Sube 2	NA → C1	4,5%	A8	13,5%
	Sube 4	NA → C3	9%	A1-A12	
Se mantienen	Se mantiene	En NA	64%	A3-A4-A5-A7-A11-A13-A15-A16-A17-A18-A19-A20-A21-A22	64%
Bajan	Baja 2	C1 → NA	9%	A9-A14	22,5%
	Baja 3	C2 → NA	4,5%	A10	
	Baja 4	C3 → NA	9%	A2-A6	

En el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la conservación de la energía del momento M2 al M3 se observa que un 23% de los estudiantes asciende de un estadio inferior a uno superior predominando saltos de tres estadios, en este caso de no mencionar aspectos en torno a la conservación de la energía (NA) a mencionar aspectos del estadio C2. Un 72% de los estudiantes se mantiene en el mismo estadio y de este porcentaje un 63% de los estudiantes continua sin mencionar aspectos en torno a la conservación de la energía. Finalmente, un estudiante desciende desde un estadio sofisticado C3 a uno inferior C2. Se puede observar que esta transición tampoco contribuyó mayormente en que los estudiantes evolucionaran en sus ideas respecto a la conservación de la energía.

Tabla 59. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea C del M2 al M3

M2→ M3					
Acción	Saltos	Evolución de los estadios	% de alumnos	Alumnos	% total de estudiantes
Suben	Sube 2	NA → C1	9%	A7-A14	23%
	Sube 3	NA → C2	14%	A4-A5-A11	
Se mantienen	Se mantiene	En C3	4,5%	A12	72%
		En C1	4,5%	A8	

		En NA	63%	A2-A3-A6-A9.A10- A13-A15-A16-A17- A18-A19-A20-A21- A22	
Bajan	Baja 1	C3 → C2	5%	A1	5%

En el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la conservación de la energía del momento M3 al M4, se observa que un 59% de los estudiantes asciende de un estadio inferior a uno superior predominando saltos de cuatro estadios, en este caso en un 27% ascensos desde el estadio NA al estadio C3. En esta transición un 5% de los estudiantes utiliza las ideas del estadio C4 en sus explicaciones y un 32% utiliza las ideas del estadio C3 en el momento M4.

Un 18% de los estudiantes se mantiene en el mismo estadio, en este caso no mencionando aspectos en torno a la conservación de la energía y a modo global un 36% sigue en ese estadio inferior. También existe un retroceso de un 23% de estudiantes que pasan de un modelo superior a uno inferior.

A pesar de que se observa un gran porcentaje de estudiantes en el estadio NA, un 37% de los estudiantes se ubica en los estadios C4 y C3, por lo tanto, consideramos que esta es una de las transiciones claves para evidenciar evolución de los estudiantes respecto a la idea de conservación de la energía, considerando que un 59% de los estudiante la realiza.

Tabla 60. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea C del M3 al M4

M3→ M4					
Acción	Saltos	Evolución de los estadios	% de alumnos	Alumnos	% total de estudiantes
Suben	Sube 1	C2 → C3	4,5%	A1	59%
		C1 → C2	4,5%	A8	
	Sube 2	C2 → C4	4,5%	A4	
		NA → C1	4,5%	A16	
	Sube 3	NA → C2	14%	A9-A15-A19	
Sube 4	NA → C3	27%	A2-A3-A6-A10-A13- A18		
Se mantienen	Se mantiene	En NA	18%	A17-A20-A21-A22	18%
Bajan	Baja 2	C3 → C1	5%	A12	23%
		C1 → NA	9%	A7-A14	
	Baja 3	C2 → NA	9%	A5-A11	

En el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la conservación de la energía del momento M4 al M5, se observa que un 41% de los estudiantes asciende de un estadio inferior a uno superior predominando saltos de un estadio, donde destacamos el ascenso del estadio C2 al estadio C3 en un 14%. Durante esta transición en concreto un 9% de los estudiantes explica los fenómenos utilizando ideas del estadio C4 y un 45% utilizando ideas del estadio C3. También es posible observar que un 54% de los estudiantes se mantiene en un mismo estadio predominando en un 27% el estadio C3. Durante esta transición solo un estudiante desciende del estadio C1 a no mencionar aspectos en torno a la conservación de la energía.

Esta transición es considerada como una de las clave en términos de mantener a los estudiantes en estadios sofisticados y en provocar que un 41% de los estudiantes evolucionen en sus ideas respecto a la conservación de la energía.

Tabla 61. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea C del M4 al M5

M4→ M5					
Acción	Saltos	Evolución de los estadios	% de alumnos	Alumnos	% total de estudiantes
Suben	Sube 1	C3 → C4	4,5%	A10	41%
		C2 → C3	14%	A8-A9-A15	
		C1 → C2	4,5%	A12	
	Sube 2	NA → C1	4,5%	A5	
	Sube 3	NA → C2	9%	A17-A14	
	Sube 4	NA → C3	4,5%	A11	
Se mantienen	Se mantiene	En C4	4,5%	A4	54%
		En C3	27%	A1-A2-A3-A6-A13-A18	
		En C2	4,5%	A19	
		En NA	18%	A17-A20-A21-A22	
Bajan	Baja 2	C1 → NA	5%	A16	5%

Finalmente, en el análisis de la evolución de las ideas de los estudiantes sobre la conservación de la energía del momento M5 al M6, se observa que ningún estudiante asciende de estadios inferiores a estadios superiores. Un 37,5% se mantiene en el mismo estadio, predominando los estudiantes que no mencionan aspectos en torno a la conservación de la energía con un 23%. Un 72,5% de los estudiantes desciende de sus estadios y deja de mencionar aspectos relacionados con la conservación de la energía.

En concreto, en el momento M6 un 95% de los estudiantes no utiliza la idea de conservación de la energía en sus explicaciones de los fenómenos de aplicación del

examen. Esta transición no aporta en la mantención de estudiantes en niveles superiores ni mucho menos en provocar la evolución de los estudiantes a estadios superiores.

Tabla 62. Resumen de la evolución de los estudiantes respecto a la idea C del M5 al M6

M5→ M6					
Acción	Saltos	Evolución de los estadios	% de alumnos	Alumnos	% total de estudiantes
Suben	-----	-----	-----	-----	0%
Se mantienen	Se mantiene	En C3	4,5%	A1	27,5%
		En NA	23%	A16-A17-A20-A21-A22	
Bajan	Baja 2	C1 → NA	4,5%	A5	72,5%
	Baja 3	C2 → NA	18%	A7-A12-A14-A19	
	Baja 4	C3 → NA	41%	A2-A3-A6-A8-A9-A11-A13-A15-A18	
	Baja 5	C4 → NA	9%	A4-A10	

En base a los resultados presentados es evidente identificar que las transiciones didácticamente más importantes (las que consiguen mejores avances en las ideas de los estudiantes) en el caso de las ideas de conservación de la energía fueron las del M3 al M4 y del M4 al M5. El resto de transiciones no contribuyeron en que los estudiantes siguieran utilizando ideas respecto a la conservación de la energía en sus explicaciones y tampoco fueron cruciales en la evolución de las ideas de los estudiantes respecto a este aspecto. La primera transición identificada del M3 al M4 contribuyó en generar un 59% de ascensos desde estadios inferiores del modelo a estadios superiores. Gracias a esta transición un 5% de los estudiantes se sitúa en el estadio C4 y un 32% en el estadio C3 en el momento M4.

Durante el momento M3 se escogen preguntas de la fase de aplicación del modelo de los dossiers 2 y 3, dos preguntas de la fase de evaluar el modelo de la actividad 3 del dossier 3 y dos preguntas de expresión del modelo de la actividad 1 del dossier 4. Durante el momento M4 se analizan preguntas de la fase de evaluar el modelo de la actividad 1 del dossier 4 y una pregunta de la fase de expresar el modelo de la actividad 2 del dossier 4. En la Figura 51 podemos observar esta transición del momento M3 al M4 e identificar los procesos asociados a ella.

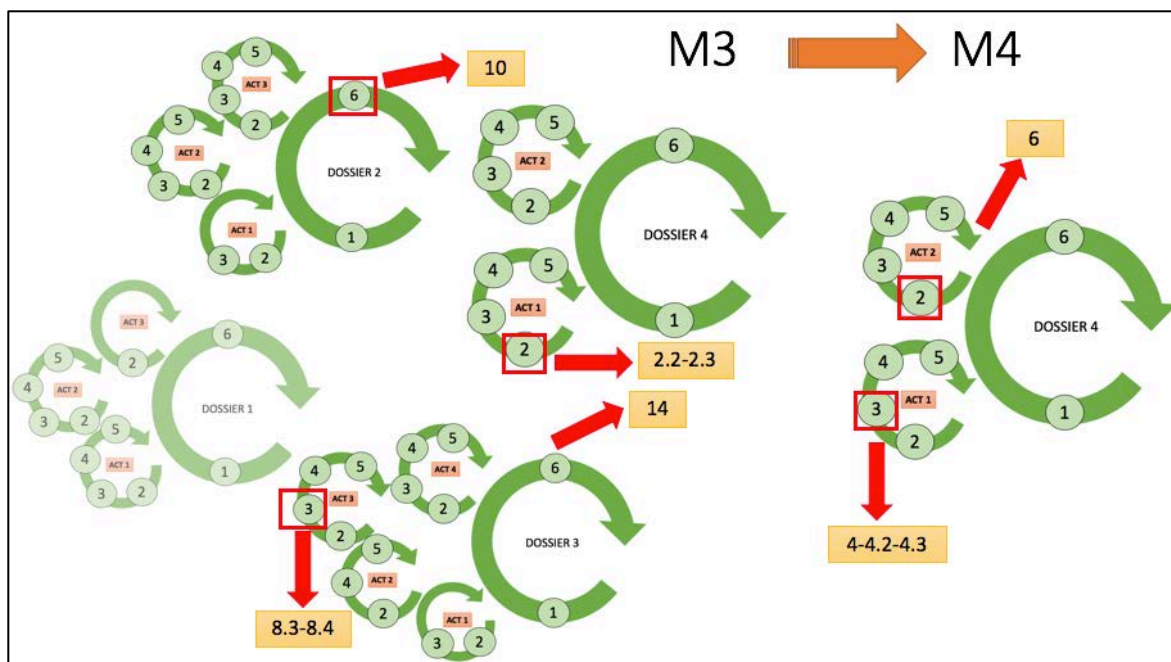


Figura 51. Actividades asociadas a la transición del momento M3 al M4 en el análisis de la evolución de la idea de conservación de la energía.

Durante el momento M3 se analizan los mismos fenómenos de aplicación utilizados en el análisis de la transición del momento M3 al M4 de la idea de degradación de la energía. Se les pide a los estudiantes explicar los cambios que ocurren dentro de un bolso térmico de alimentos, donde se espera que utilicen aspectos relacionados con la idea de transferencia de la energía a través de calor. Paralelamente se analiza otra tarea donde se le pide a los estudiantes explicar por qué razón los fabricantes de los coches diseñan modelos de coches modernos más deformables en un choque en relación con los coches antiguos que eran menos deformables. En esta pregunta se pretende que los estudiantes mencionen aspectos relacionados con la transferencia de la energía a través de trabajo. En estas situaciones se espera que los estudiantes utilicen en sus explicaciones aspectos relacionados sobre todo con la transferencia de la energía, pero ambas corresponden al análisis de una cadena de energía, por lo tanto, se espera que los estudiantes además mencionen aspectos relacionados con la degradación de la energía y la conservación de la energía.

Las tareas de la fase de evaluar el modelo de la actividad 3 del dossier 3 pretendían contribuir en que los estudiantes identificaran qué ocurre con la energía antes y después de un choque. En esta tarea los estudiantes midieron con una fotopuerta las velocidades de dos coches antes y después de un choque de tipo elástico y plástico, con la intención de que pudieran interpretar estos resultados utilizando aspectos relacionados con la

conservación de la energía. Además, también analizamos una tarea de la fase de expresar el modelo de la actividad 1 del dossier 4, que pretendía que los estudiantes a partir del análisis de un nuevo fenómeno (calentamiento e incandescencia del disco de frenos del coche rally por acción del rozamiento) utilizaran aspectos de la transferencia de energía a través de trabajo y calor (en conjunto) e incorporaran aspectos de la degradación y de la conservación de la energía en esta cadena de cambios. Sin embargo, pese a las intenciones en el momento M3 solo un 23% utilizó en sus respuestas aspectos relacionados con los estadios C4 y C3.

En el momento M4 se analizan tareas del dossier 4. En una de las tareas que identificamos más relevantes para que los estudiantes mencionaran los estadios más sofisticados de la idea de conservación de la energía, solicitamos a los estudiantes que imaginaran que podrían representar con vasos de agua toda la energía que asociaban a los diferentes estados del sistema del montaje de frenado del automóvil, y en concreto fijándose en las etapas (desde antes que la rueda de bicicleta girara, mientras giraba, al frenarla y al cabo de unos minutos), con la intención de que explicaran qué ocurre con la energía a lo largo de todo el proceso. Esta pregunta permitió a los estudiantes comenzar a hablar de cantidad de energía e identificar que va pasando con esa cantidad a lo largo de la cadena energética. El estudiante que menciona el modelo C4 en este momento reconoce la disipación de la energía, pero menciona que esa energía disipada sale de un sistema para entrar a otro, identificando la noción de conservación de la energía: *A4 “La energía asociada va disipándose al ambiente, por lo que se disipa del sistema, pero al hacer esto entra en otro sistema”*.

En la situación estudiada se producen cambios en el estado (en cómo están) los sistemas: en cómo se mueven, a qué temperatura están, etc. A lo largo del proceso también vemos que unos cambios generan otros, por ejemplo, la rueda cambia su estado de movimiento al rozar con la placa, y este cambio genera otro cambio en la placa, que aumenta su temperatura. De la misma forma, la placa caliente cambia su estado de temperatura al enfriarse, y este cambio de temperatura genera otro cambio de la temperatura del aire de alrededor de la placa, que se calienta.



<p>6.-Imaginemos que toda la energía que se asocia a los diferentes estados del sistema, la podemos representar en una cantidad con un vaso.. A lo largo de todo el proceso ¿Dónde está la energía del vaso, se habrá perdido? Explica</p>

Figura 52. Extracto de una actividad analizada en el momento M4 que intenta promover la evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la conservación de la energía.

En la transición del momento M3 al M4 consideramos que la actividad experimental de la fase de evaluar / poner a prueba el modelo de la actividad 3 del dossier 3 fue clave para que los estudiantes calcularan y analizaran que pasaba con la energía en distintos tipos de choques y la tarea de la fase de expresar el modelo de la actividad 2 del dossier 4 fue fundamental para pensar qué pasaba con la energía en términos de cantidad a lo largo de una cadena energética, intentando identificar la pérdida de un sistema y la ganancia de otro.

La segunda transición identificada del M4 al M5 contribuyó en que un 41% de los estudiantes experimentara ascensos desde estadios inferiores a estadios superiores y la permanencia de un 54% de los estudiantes en los mismos estadios, predominando la permanencia en el estadio C3. Gracias a esta transición un 9% de los estudiantes se sitúa en el estadio C4 y un 45% en el estadio C3 en el momento M5.

Durante el momento M4 se escogen tareas del dossier 4 que fueron descritas en la transición del momento M3 al M4, donde destacamos el rol de la pregunta 6 que fomentó el uso de aspectos sofisticados en torno a la conservación de la energía de los estudiantes. Durante el momento M5 se analizan tareas de la fase de evaluar / poner a prueba el modelo de la actividad 2 del dossier 4. En la Figura 53 podemos observar esta transición del momento M4 al M5 e identificar los procesos asociados a ella.

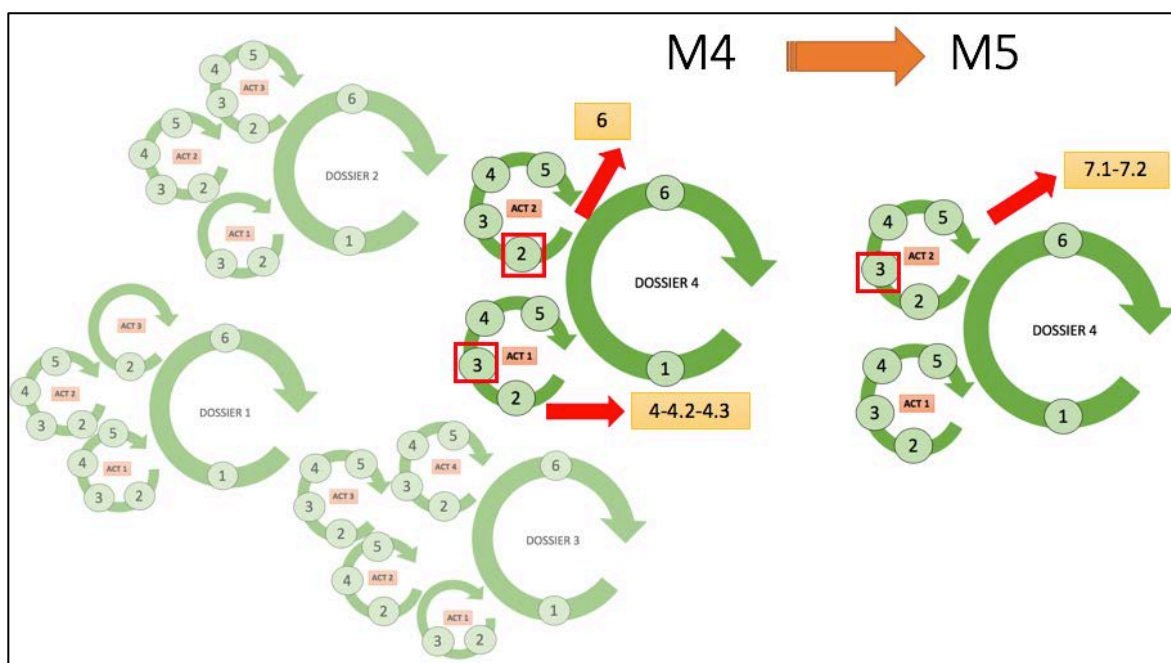


Figura 53. Actividades asociadas a la transición del momento M4 al M5 en el análisis de la evolución de la idea de conservación de la energía.

Durante el momento M5 se realiza una actividad experimental en la que se les pide a los estudiantes imaginar que pueden representar las distintas cantidades de energía, asociadas a diferentes procesos que ocurren en la cadena de cambios del sistema de frenado con etiquetas, comenzando con una cantidad inicial de 500 J. Se les solicita que escojan la cantidad de vasos que consideren necesarios para representar las diferentes etapas presentes en la cadena energética, luego ubicarlos en el mesón e ir vertiendo el agua de un vaso inicial a los demás, distribuyendo como lo consideren adecuado para explicar qué ocurre con la energía a lo largo del proceso. Se les pidió que en el caso de derrames de agua al mesón no la secaran, para interpretar que significaba la analogía de esos derrames.



Figura 54. Estudiantes evaluando sus ideas respecto a la conservación de la energía.

A través de la ejecución de esta actividad un 63% de los estudiantes se mantiene en los estadios más sofisticados del modelo, por ejemplo: A10 “No se pierde, sino que se degrada de forma que no puede ser aprovechada” o A3 “No se pierde, se degrada, porque si se perdiera estaríamos refiriendo a una destrucción de la energía, pero solo se vuelve en energía no utilizable”.

Para esta transición del M4 al M5 consideramos que las actividades claves fueron las que iban enfocadas directamente a los aspectos de conservación de la energía, en este caso las preguntas del momento M4 y la actividad experimental del momento M5. A pesar de que en esta transición los estudiantes habían ejecutado en forma completa los dossiers 1, 2 y 3, estos no tuvieron una mayor influencia en la evolución de las ideas de conservación de la energía. Solo podemos destacar la actividad experimental (de la actividad 3) del dossier 3, comentada en la transición del momento M3 al M4.

4.1.2.9. Subideas de los estudiantes respecto a la naturaleza de la energía

La siguiente gráfica graduada en tonalidades verdes nos da a conocer la evolución de las ideas de los estudiantes respecto a la subidea valor absoluto de la energía, perteneciente a la idea de naturaleza de la energía. En ella podemos observar los 3 momentos de análisis descritos en el capítulo 3. En el eje de las Y podemos observar el nivel de sofisticación y coherencia de las ideas de los estudiantes sobre la subidea valor absoluto de la energía respecto al MCE y en el eje X la evolución de estas subideas a lo largo de 3 momentos de la SEA.

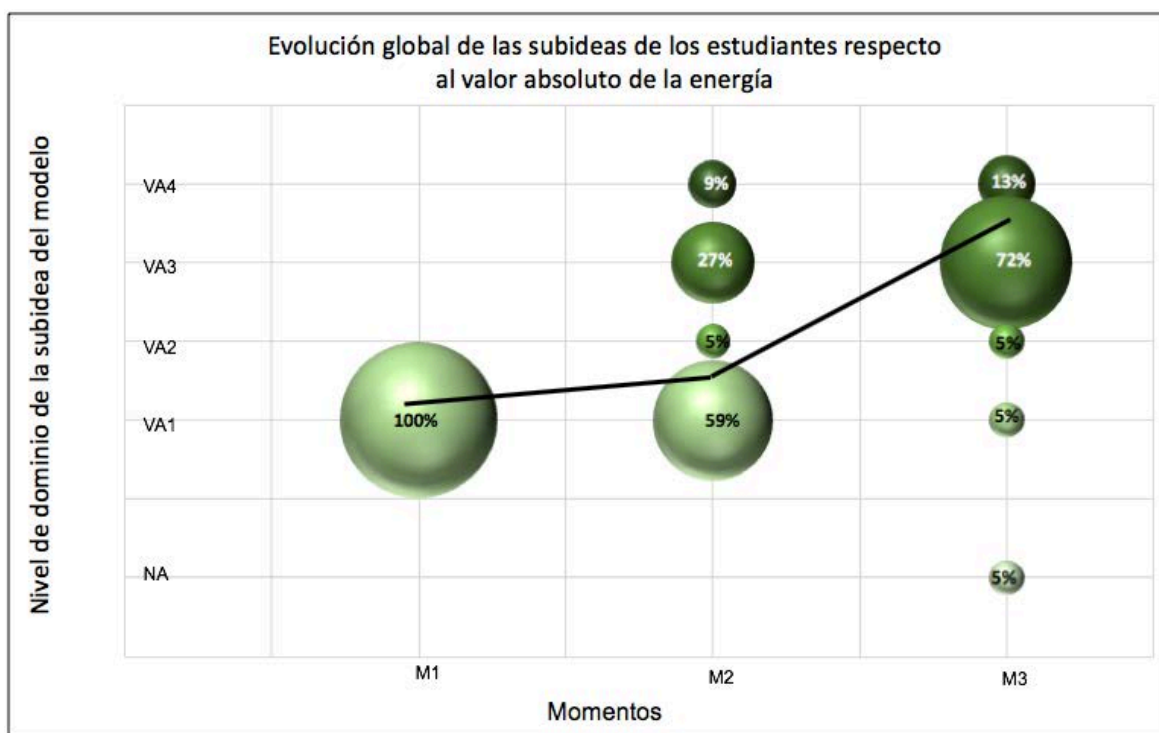


Figura 55. Evolución de los estudiantes respecto a la subidea valor absoluto de la energía a lo largo de la SEA.

En el momento M1 un 100% de los estudiantes menciona que es posible determinar la energía en términos absolutos. Por ejemplo: A5 “Si, podemos determinar la energía con las ecuaciones correspondientes a cada tipo de energía”. Durante este momento hicimos pensar a los estudiantes en la posibilidad de determinar la energía de un sistema en diferentes situaciones (energía asociada a una masa de agua caliente cayendo, energía asociada a agua a temperatura ambiente contenida en un jarrón, etc.). Este 100% afirmativo encontrado refleja el carácter cuantitativo que se ha dado a la enseñanza de la energía a lo largo de la escolaridad de los estudiantes, debido a que comenzaron a

mencionar diferentes fórmulas o expresiones matemáticas con las que ellos podían determinar la energía o los tipos de energía de un sistema.

En el momento M2 planteamos un ejercicio en el que los estudiantes debían intentar cuantificar la energía en diferentes estados del sistema. Se brindaron como pistas algunos datos del estado del sistema como la altura, velocidad, temperatura, tipo de materiales, etc., con la intención que se dieran cuenta que hacía falta una diferencia para poder determinar un cambio de energía y que, por lo tanto, encontrarla en términos absolutos era imposible. En base a este análisis un 27% accede a un estadio superior VA3 y un 9% al estadio más sofisticado VA4.

Por ejemplo: A3: *“Ese cálculo representa la energía que hay en el sistema en un instante específico y desde un nivel micro. No se puede determinar el valor ya que son muchas variables que se deben considerar a nivel micro y macro”* o A14 *“Este cálculo representa la energía adquirida proveniente de algunos factores (ambiente, fuego o el ser humano), no se puede determinar en términos absolutos, porque la energía se determina en un proceso, no en un momento indicado”*.

La tendencia sigue estando mayoritariamente en el estadio VA1, por lo que se plantean nuevas pistas para que los estudiantes cuestionaran el significado de lo que representaban sus cálculos. Analizando y discutiendo en grupos en base a estas nuevas pistas “consideraste en tus cálculos la interacción con el entorno, la dinámica terrestre, entre otros” un 72% avanza al estadio VA3 y un 13% al estadio VA4. Por ejemplo: A1 *“No, porque la energía depende de muchos sistemas y variables. La energía entonces se asociaría al cambio en un sistema”*. Para la evolución de esta subidea fue clave la revisión del modelo y la discusión entre pares.

La siguiente gráfica graduada en tonalidades rojas nos da a conocer la evolución de los estudiantes respecto a la subidea aprovechamiento de la energía, perteneciente a la idea de la naturaleza de la energía. En ella podemos observar los 5 momentos de análisis descritos en el capítulo 3. En el eje de las Y podemos observar el nivel de sofisticación y coherencia de las ideas de los estudiantes sobre la subidea aprovechamiento de la energía respecto al MCE y en el eje X la evolución de estas subideas a lo largo de los 5 momentos de la SEA.

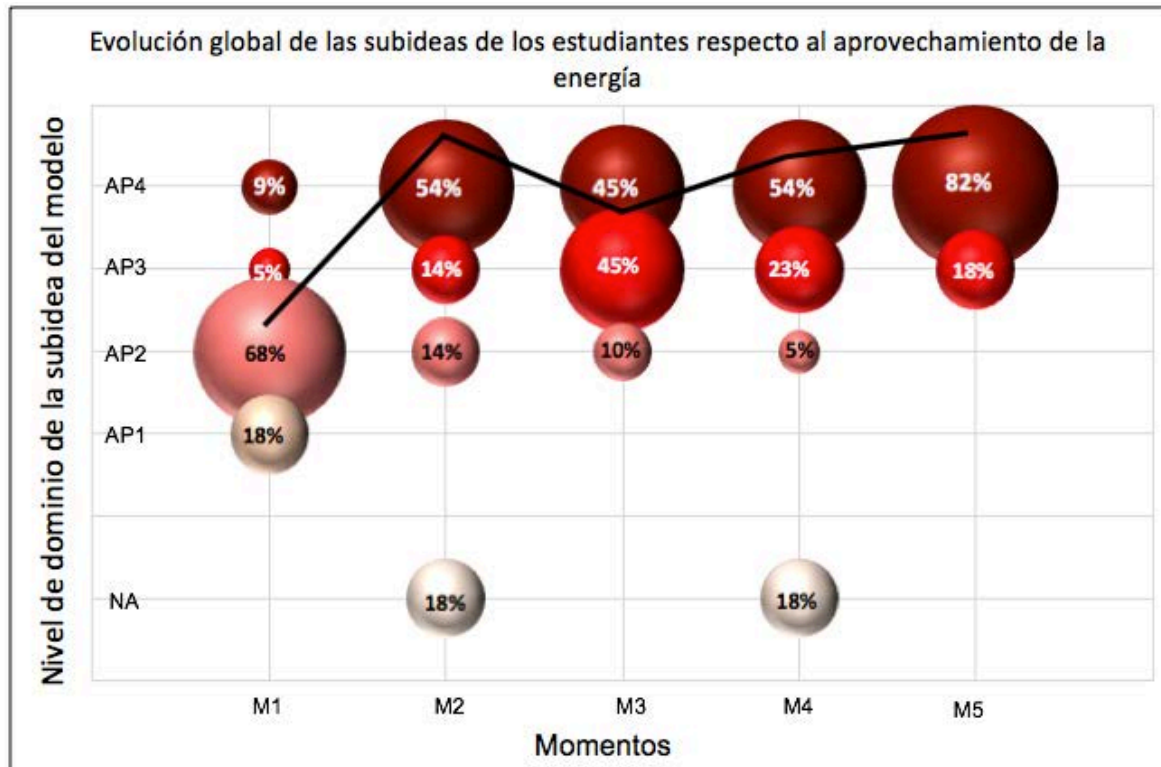


Figura 56. Evolución de los estudiantes respecto a la subidea aprovechamiento de la energía a lo largo de la SEA.

En el momento M1 un 68% de los estudiantes asocia el aprovechamiento a múltiples características del estado de un sistema, nombrando incluso algunas que no contribuyen. Por ejemplo: A2 *“Dependiendo del sistema que genera electricidad, es posible aprovechar diferentes aspectos. En una central hidroeléctrica se aprovecha la fluidez del agua, sin embargo, la densidad del agua con azúcar podría ser más óptima. También se aprovecha el giro de la turbina”*.

A nivel general, llama profundamente la atención que la gran mayoría de los estudiantes señala como aprovechamiento principal la fluidez del agua en vez de su caída. Seguiremos comentando esta idea en el momento M3.

En el momento M2, se observa un ascenso drástico a un estadio más sofisticado. Un 54% comienza a asociar los aprovechamientos energéticos con los aprovechamientos de los estados del sistema utilizando los dispositivos físicos adecuados para hacerlo y un 14% identifica los estados del sistema que aprovechamos pero siguen mencionando algunos estados o variables que afectan.

El momento M3 también se caracteriza por concentrar a la mayoría de los estudiantes en el estadio más sofisticado AP4 con un 45% y con el mismo porcentaje en el estadio AP3. La gran cantidad de estudiantes situados en AP3 lo relacionados directamente a la situación que quedó pendiente de análisis en la descripción del momento M1. En este estadio los estudiantes identifican el estado del sistema que se aprovecha y mencionan el rol del dispositivo físico para que aproveche dichas características, sin embargo, siguen enfatizando otros estados que no son los que aprovechamos como la fluidez del agua.

En este momento los estudiantes manipulan un montaje experimental que simula el funcionamiento de una central hidroeléctrica, utilizan agua en distintos estados (caliente, fría, con azúcar, a mayor altura y a menor altura) y miden el voltaje generado en la led, identificando cuáles de estos estados eran favorables para hacer girar con mayor rapidez la turbina y provocar un mayor voltaje en la led. Consideramos que esta experimentación fue muy potente para que identificaran los estados del sistema aprovechables, sin embargo, pensamos que podríamos incorporar un nuevo estado del sistema: caída de otros objetos en forma continua sobre la turbina para encender la luz led. Incorporando este cambio podríamos centrar la atención en el aprovechamiento de la diferencia de altura que es la que permite una mayor generación de voltaje en el led.



Figura 57. Estudiantes evaluando sus subideas respecto al AP.

Durante el momento M4 un 54% de los estudiantes se concentra en el estadio AP4 y un 23% en el estadio AP3. En este momento entregamos nuevas evidencias (antecedentes de otros aprovechamientos energéticos en otro tipo de centrales de generación de electricidad) para generar momentos de discusión entre pares. Consideramos que esta instancia fue significativa para que los estudiantes a través del intercambio de explicaciones pudieran sofisticar las suyas e identificar el estado del sistema que

aprovechamos en el montaje que simulaba el funcionamiento de la central hidroeléctrica, nombrando cada vez menos, otros estados que no contribuyen (como la fluidez del agua) y generalizando sus explicaciones a otros aprovechamientos.

El porcentaje de estudiantes situados en el estadio AP4 aumenta más en el momento M5 con un 82% y un 18% en el estadio AP3. En este momento se analizan sobre todo preguntas de aplicación del dossier que contribuyeron en dar evidencia del uso sofisticado de las subideas de los estudiantes respecto al aprovechamiento de la energía en otros contextos, tal como lo realiza el estudiante A2 *“Si bien existe un cambio de posición inicial de la leña, esta energía potencial no genera un mayor cambio o la creación de fuego, o bien, a la transferencia de energía a través de calor, puesto que esta energía potencial no es partícipe del proceso de radiación o convección, es decir, quedaría en stand by hasta que el estado del sistema considere la altura en algún mecanismo específico”*.

4.1.2.10. Subideas de los estudiantes respecto a la transferencia de la energía

La siguiente gráfica graduada en tonalidades calipso y lila nos da a conocer la evolución de las subideas de los estudiantes respecto al mecanismo de calor a nivel microscópico, perteneciente a la idea de transferencia de la energía. En ella podemos observar los 4 momentos de análisis descritos en el capítulo 3. En el eje de las Y podemos observar el nivel de sofisticación y coherencia de las subideas de los estudiantes sobre el mecanismo de calor a nivel microscópico y en el eje X la evolución de estas subideas a lo largo de los 4 momentos de la SEA. Con una línea discontinua de mayor grosor diferenciamos la evolución de cada subidea. Que una subidea esté ubicada superior a otra no se asocia, en este caso, a una mayor sofisticación, son subideas distintas y cada una tiene sus respectivos estadios.

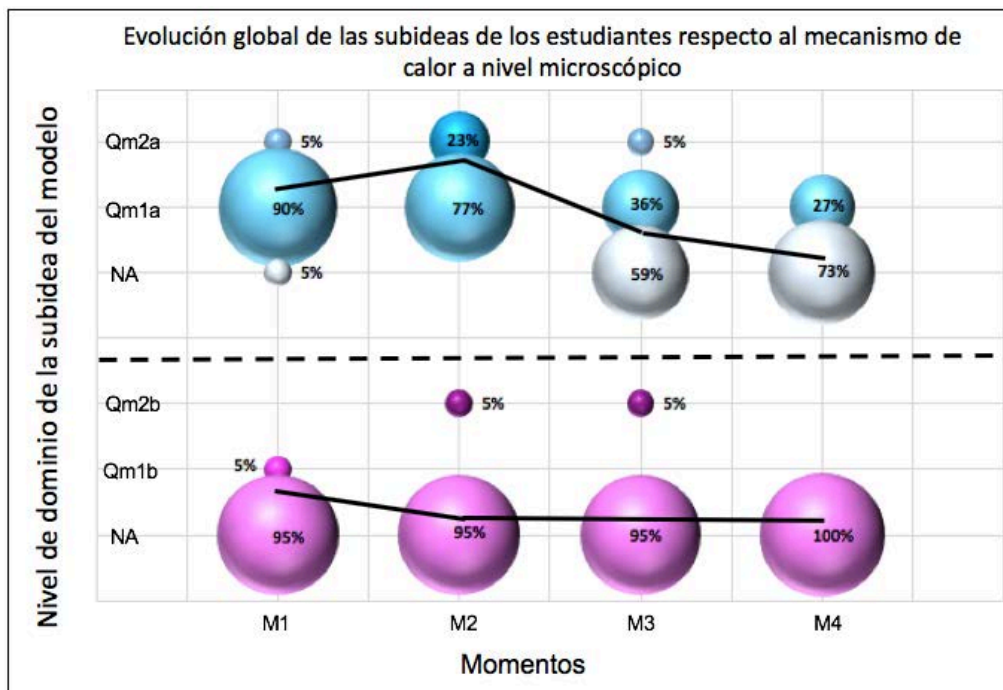


Figura 58. Evolución de las subideas de los estudiantes respecto al mecanismo de calor a nivel microscópico a lo largo de la SEA.

La construcción de las ideas y subideas de los estudiantes respecto a la transferencia de la energía, que puedan ser utilizadas para explicar fenómenos en términos microscópicos es algo muy complejo, pues es necesario conocer el comportamiento macroscópico para intentar plasmarlo en un mundo donde los fenómenos no son tangibles ni observables. Por este motivo consideramos que es un modelo más sofisticado que el macroscópico.

En el momento M1 se analizan una serie de tareas asociadas a la fase de expresar el modelo del dossier 2, con la intención de identificar qué aspectos macroscópicos y microscópicos son mencionados. Los aspectos microscópicos inicialmente no surgen de manera espontánea, de hecho, fue necesario seleccionar una demanda específica en la que se solicita a los estudiantes imaginar cómo será el comportamiento de las partículas de un vaso con agua al ser calentado para identificar sus modelos para identificar sus subideas asociadas. Al realizar esta interpretación un 90% menciona que al transferirse energía a través de calor existe mayor velocidad o excitación de las partículas y un 95% de ellos no asocia esos aumentos de velocidad, agitación o excitación con un aumento de la energía interna del sistema. Un ejemplo de un estudiante en este momento es A1 “*las partículas se encuentran en un movimiento lento (inicialmente). El movimiento de las partículas del agua es más rápido y las del ambiente también, un poco (intermedio). Las partículas disminuyen su movimiento gradualmente hasta el equilibrio térmico (final)*”.

En el momento M2 se mantiene la tendencia de que los estudiantes en el estadio Qm1a (77%), sin embargo, un 23% mejora sus explicaciones comenzando a mencionar aspectos del estadio Qm2a. Por ejemplo: A9 *“Desde la combustión las partículas se comienzan a mover al azar, muy rápido, poseen mayor energía y son capaces de transferir al ambiente que está en un estado energético menor”*. En este mismo momento, solo un 5% asocia esta transferencia microscópica con un aumento de la energía interna del sistema (Qm2b), por ejemplo: A6 *“Las moléculas del agua caliente adquieren una mayor energía interna debido al movimiento de sus partículas. Luego se comienza a transferir energía al vaso de menor temperatura siguiendo la gradiente de concentración. Luego de la transferencia de energía, las moléculas se encuentran en equilibrio al no existir variación de temperatura”*.

Esta pequeña mejora se atribuye al tipo de tarea analizada que corresponde a una actividad de la fase de evaluar / poner a prueba el modelo (actividad 3) del dossier 2. En esta fase los estudiantes interactuaron con una simulación que mostraba del comportamiento de las partículas del agua ante una transferencia de energía a través de calor, por lo tanto, los estudiantes pudieron interpretar y explicar el fenómeno, identificando la gran cantidad de movimiento y velocidad de las partículas y el carácter aleatorio de su movimiento, pudiéndose observar una evolución de sus subideas respecto al comportamiento microscópico de las partículas en una transferencia de energía a través de calor.

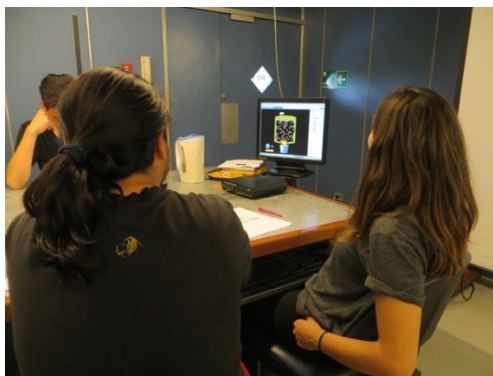


Figura 59. Estudiantes evaluando sus ideas respecto al mecanismo de calor a nivel microscópico.

En los momentos M3 y M4 la tendencia de concentración de estudiantes nos da evidencia de que la mayoría de ellos no menciona aspectos relacionados con el mecanismo de calor a nivel microscópico en sus explicaciones. Este resultado no implica un retroceso en sus modelos, sino que consideramos que el diseño no promueve en las distintas tareas la necesidad de utilizar estos aspectos. Aún así, en el momento M3 un 36% y en el momento M4 un 27% mencionan el estadio Qm1a y un 5% el estadio Qm2a y Qm2b en M3.

Las tareas que componen estos momentos son de aplicación del dossier 2, otras de evaluación / poner a prueba el modelo (actividad 1) del dossier 4 y finalmente otras de aplicación del examen. En las producciones de los estudiantes, en estas tareas en concreto, se observa el uso de ideas respecto a la transferencia de energía a nivel general, sin mencionar aspectos tan específicos de los mecanismos de transferencia.

Finalmente, al observar la Figura 58 es posible identificar que la subidea Qma es mejor construida que la Qmb. Consideramos que esto es debido a que a través de la simulación los estudiantes podían observar el aumento de la velocidad de las partículas, la agitación, choques y movimiento aleatorio, pero para identificar un aumento de la energía interna era necesaria una reflexión personal más profunda. Esta reflexión la podríamos haber potenciado, con mayor profundidad, a través de una discusión en pequeños grupos en la fase de revisión del modelo en la actividad 3 del dossier 2.

La siguiente gráfica graduada en tonalidades turquesa, verde lima y azul claro nos da a conocer la evolución de las subideas de los estudiantes respecto al mecanismo de calor a nivel macroscópico, perteneciente a la idea de transferencia de la energía. En ella podemos observar los 4 momentos de análisis descritos en el capítulo 3. En el eje de las Y podemos observar el nivel de sofisticación y coherencia de las subideas de los estudiantes sobre el mecanismo de calor a nivel macroscópico y en el eje X la evolución de estas subideas a lo largo de los 4 momentos de la SEA. Con una línea discontinua de mayor grosor diferenciamos la evolución de cada subidea. Que una subidea esté ubicada superior a otra no se asocia, en este caso, a una mayor sofisticación, son subideas distintas y cada una tiene sus respectivos estadios.

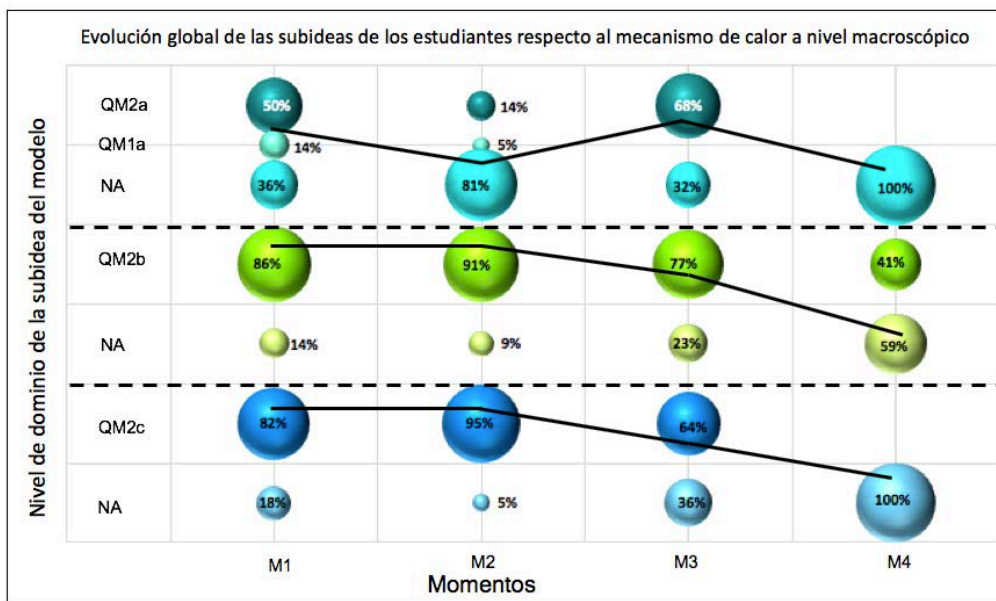


Figura 60. Evolución de las subideas de los estudiantes respecto al mecanismo de calor a nivel macroscópico a lo largo de la SEA.

La construcción de las ideas y subideas de los estudiantes respecto a la transferencia de la energía, que puedan ser utilizadas para explicar fenómenos en términos macroscópicos es más sencilla de realizar en comparación al mundo microscópico, considerando que las variables macroscópicas pueden ser medidas y observadas (como la medición de temperatura que puedes realizar con un termómetro) mientras que las microscópicas requieren de un nivel de interpretación de los estudiantes. Por este motivo consideramos que las subideas microscópicas son más sofisticadas que el macroscópicas en una progresión de aprendizaje.

En el momento M1 se analizan una serie de tareas pertenecientes a la fase de expresar el modelo (del ciclo de modelización) del dossier 2, con la intención de identificar qué aspectos macroscópicos y microscópicos son mencionados. Los aspectos macroscópicos surgen de manera espontánea en las respuestas de los estudiantes y son muy mencionados. Un 50% de los futuros profesores identifica que la transferencia de energía a través de calor ocurre de un cuerpo que está a mayor temperatura a otro a menor temperatura (QM2a), un 86% identifica que esta transferencia de energía ocurre hasta el equilibrio térmico (QM2b) y un 82% menciona que esta transferencia dependerá de algunos factores como los materiales en interacción o las áreas de contacto de los cuerpos o sistemas en interacción (QM2c). Estos buenos resultados nos dan a conocer algunos de los conocimientos previos de los estudiantes, donde el mecanismo de calor parece haber sido trabajado en etapas anteriores de su escolaridad. Por ejemplo: A14 "El bolso térmico

aísla el sistema del ambiente por lo que no afecta a la temperatura de la comida, sin embargo, la diferencia de temperatura entre el yogurt y el agua con la carbonada hace que la energía se transfiera desde la carbonada al agua hasta llegar al equilibrio térmico, el cual será más cercano a la temperatura de la carbonada porque su masa es mucho mayor”.

Pese a estos buenos resultados un 14% menciona otros factores distintos a la diferencia de temperatura para explicar por qué ocurre una transferencia de energía a través de calor (QM1a), por ejemplo: A1 *“El calor se transfiere de cuerpos de mayor masa a cuerpos de menor masa, por ende, el bolso cerraría el sistema y el calor se transfiere del pote al yogurt y a la botella alcanzando el equilibrio térmico”.* Las subideas QMb y QMc a lo largo de los 4 momentos son cada vez más mencionadas por los estudiantes en estadios más sofisticados. Esto se puede asociar a que son ideas más intuitivas o cotidianas para los estudiantes en contextos tan habituales como la cocina (como por ejemplo usar una cuchara de madera para cocinar en vez de una metálica, diferenciando aislantes de conductores) o más trabajadas en la escolaridad como la subidea de equilibrio térmico.

En el momento M2 se analizan tareas de la fase evaluar / poner a prueba el modelo de las actividades 1 y 2 del dossier 2 y se observa que la mayoría de ellos menciona las subideas QM2b (91%) y QM2c (95%). En este momento la subidea QM2a no es utilizada por los estudiantes, esto lo asociamos a que en la experimentación realizada nos enfocamos más en la interpretación de las otras dos subideas. Posiblemente, también los estudiantes naturalizaron, en el proceso de transferencia de energía, que esta estaba ocurriendo de un cuerpo a elevada temperatura a un cuerpo que se encontraba a menor temperatura, asumiendo que era algo natural y no necesario de mencionar en este momento.

En este momento el rol de la experimentación de la fase de evaluación / poner a prueba el modelo fue clave para que los estudiantes aumentaran el porcentaje de uso de las subideas QM2b y QM2c en sus explicaciones. Por ejemplo: A2 *“un recipiente de plumavit inhibe la transferencia de energía a través de calor, mientras que el metal permite una transferencia más rápida, todo depende de la conductividad térmica ... al encontrarse en temperaturas más cercanas es más lento llegar al equilibrio térmico ... al existir mayor área de contacto se genera mayor transmisión de calor a cuerpos más cercanos, mientras que al ser más lejanos es más difícil generar ese cambio”.*

En el momento M3 las tres subideas macroscópicas son mencionadas por la mayoría de los estudiantes y dejan de mencionarse ideas menos sofisticadas de otros estadios. La

subidea QM2a comienza a ser más mencionada, que en los momentos anteriores, en un 68%. En este momento, los estudiantes utilizan sobre todo las subideas en sus explicaciones asociadas a las tareas de aplicación del modelo (de los dossiers) de la fase de modelización. Por ejemplo: A8 *“Al estar la bolsa cerrada, hay transferencia de energía a través de calor en el interior hasta el equilibrio térmico, se logra cuando el que posee mayor temperatura cede al de menor, es por eso que la carbonada transfiere energía a las demás cosas, a través de calor. Es rescatable el hecho de que el área de contacto tiene relación con el intercambio energético, donde a mayor área mayor intercambio, además no podemos olvidar que al estar el bolso cerrado no existe intercambio con el ambiente, solo hay intercambio dentro del bolso”.*

En el momento M4, donde se analizan tareas de aplicación del examen, los estudiantes utilizan ideas respecto a la transferencia de energía sin especificidades de las subideas de calor. La única de las subideas que es levemente mencionada en un 41% es la asociada al equilibrio térmico. Asociamos este resultado a que las tareas analizadas no están directamente relacionadas con las transferencias de energía mediante calor, sino que se analiza una cadena energética con ambos mecanismos e incluso en una de las preguntas centrándose mayormente en el trabajo. Desde esa lógica, la subidea de equilibrio térmico se vuelve más intuitiva de utilizar para finalizar la explicación de la cadena energética. Por ejemplo: A3 *“El disco de frenos frena a la rueda de tal forma que se transfiera la energía de la rueda al disco mediante un trabajo, en la que actúa la fuerza de roce. A su vez, genera un aumento de temperatura en el disco, haciendo que se vea al rojo vivo. Una vez que el coche se detiene, se deja de transmitir la energía por trabajo y el disco empieza a transmitir la energía al entorno mediante calor hasta llegar al equilibrio térmico y de esta forma el disco deja de brillar”.*

Tal como hemos mencionado, en los resultados de la evolución de las subideas de los futuros profesores respecto al mecanismo de calor a nivel macroscópico y microscópico, los 4 momentos analizados estaban formados varias tareas y existía la posibilidad de que en cada una de ellas, los estudiantes mencionaran todas las subideas para explicar los fenómenos. Los gráficos recién presentados para representar la evolución de las subideas de los estudiantes respecto al mecanismo de calor macroscópico y microscópico reflejan solo un estadio “de uso de cada subidea” en sus explicaciones en cada momento.

Para identificar qué subideas fueron más mencionadas en cada momento por los futuros profesores y asociar a cuál de ellas dan mayor utilidad para explicar los fenómenos,

presentamos una gráfica que muestra la frecuencia del uso que dan a cada subidea en cada momento (ver Figura 61).

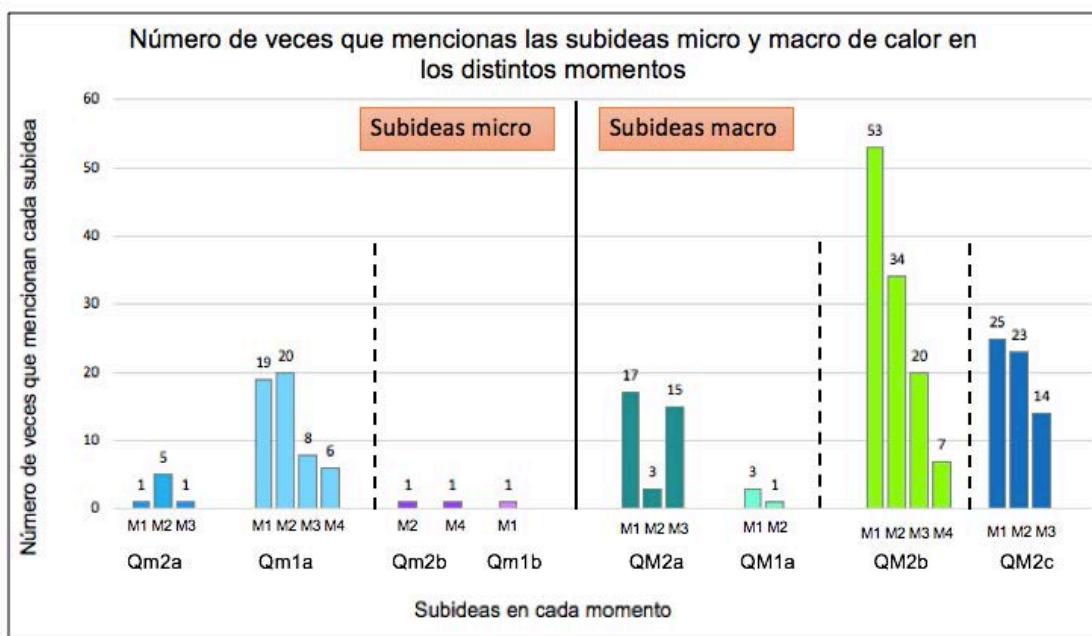


Figura 61. Frecuencia del uso que dan los estudiantes a cada subidea de calor macroscópico y microscópico en cada momento.

Para la subidea de calor a nivel microscópico podemos observar que en el momento M1 y M2 sobre todo, los estudiantes, usan la subidea QM1a para explicar los fenómenos. La frecuencia de ese uso refleja que algún estudiante utilizó la idea más de una vez en un mismo momento para explicar. En el caso de la subidea de calor macroscópico, es mucho más evidente el uso de las ideas sobre todo el uso que se da a la subidea de equilibrio térmico, siendo mencionada en múltiples ocasiones en un mismo momento por algunos estudiantes. Estos resultados reflejan la complejidad asociada a la construcción de una subidea a nivel microscópico en contraste con la construcción de la subidea a nivel macroscópico, considerando que en esta última los estudiantes deben interpretar los fenómenos para poder realizar alguna explicación. Así mismo, reflejan cuáles son las subideas que los estudiantes consideran más relevantes en sus explicaciones que involucran transferencias de energía mediante calor.

La siguiente gráfica graduada en tonalidades gris y café nos da a conocer la evolución de las subideas de los estudiantes respecto al mecanismo de trabajo a nivel microscópico, perteneciente a la idea de transferencia de la energía. En ella podemos observar los 4 momentos de análisis descritos en el capítulo 3. En el eje de las Y podemos observar el

nivel de sofisticación y coherencia de las subideas de los estudiantes sobre el mecanismo de trabajo a nivel microscópico y en el eje X la evolución de estas subideas a lo largo de los 4 momentos de la SEA. Con una línea discontinua de mayor grosor diferenciamos la evolución de cada subidea. Que una subidea esté ubicada superior a otra no se asocia, en este caso, a una mayor sofisticación, son subideas distintas y cada una tiene sus respectivos estadios.

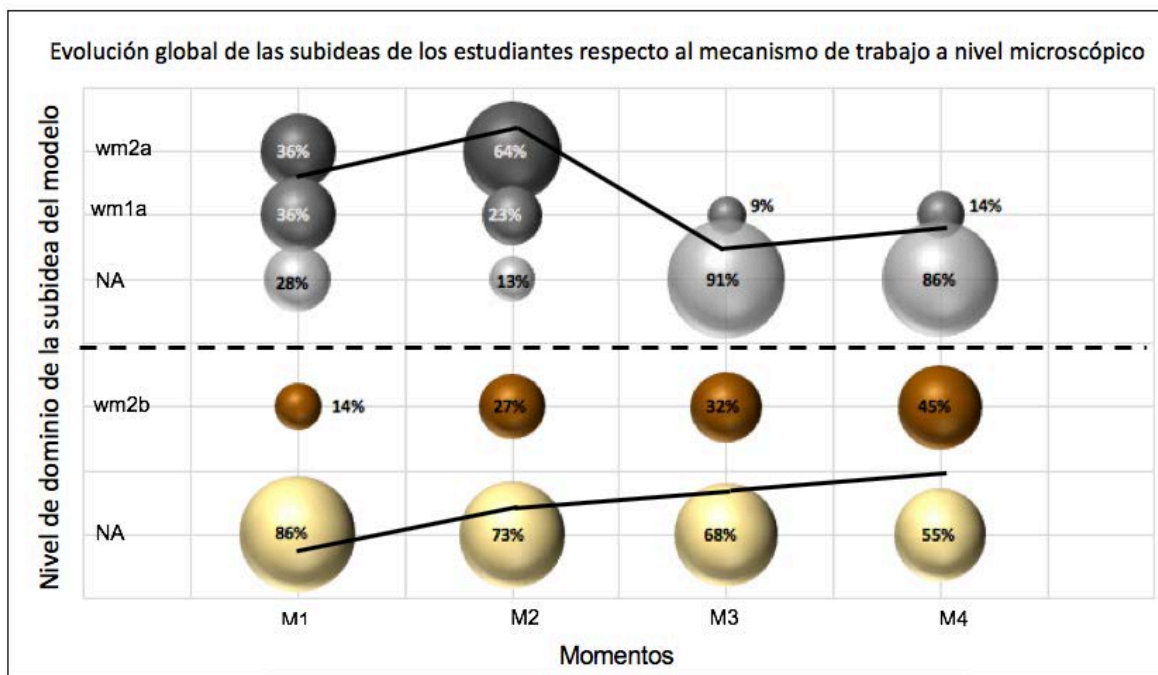


Figura 62. Evolución de las subideas de los estudiantes respecto al mecanismo de trabajo a nivel microscópico a lo largo de la SEA.

Al igual que en el mecanismo de calor a nivel microscópico, consideramos que utilizar un modelo microscópico de trabajo para explicar los fenómenos es algo complejo, por el nivel de interpretación que deben utilizar los estudiantes. Por este motivo, consideramos que las subideas respecto al trabajo a nivel microscópico son más sofisticadas que las subideas del mecanismo de trabajo a nivel macroscópico.

En el momento M1 se analizaron tareas asociadas a la fase de expresar el modelo del dossier 3, con la intención de identificar qué aspectos macroscópicos y microscópicos son mencionados por los estudiantes en fases iniciales de la construcción de las ideas del modelo energético. Los aspectos microscópicos inicialmente no surgen de manera espontánea, de hecho, fue necesario seleccionar una tarea específica en la que se solicita

a los estudiantes imaginar cómo será el comportamiento de las partículas de dos coches cuando chocan, para identificar sus subideas microscópicas.

En el momento M1 un 36% de los estudiantes describen el comportamiento de las partículas durante un choque mencionando el estadio Wm2a y Wm1a, es decir, algunos estudiantes identifican la direccionalidad que adquieren las partículas durante la aplicación de una fuerza y otros estudiantes solo identifican un aumento en la rapidez de las partículas. Un ejemplo de respuesta del estadio es Wm2a es A3: *“Las partículas están en un estado de vibración inicial, cuando chocan la energía se transfiere mediante trabajo aumentando la energía de las partículas y que son impulsadas en el mismo sentido que se aplica la fuerza, los cuerpos se deforman”*. En el mismo momento, un 18% de los estudiantes asocian el choque con un aumento en el movimiento de las partículas y por ende un aumento de temperatura en la superficie de los cuerpos (Wm2b). Por ejemplo: A7 *“Se transfiere energía a través de trabajo en la medida en que se desplazan los autos, las partículas vibran y con el impacto vibran fuertemente aumentando la temperatura y luego ceden energía”*.

En el momento M2 aumenta considerablemente el número de estudiantes que comienzan a mencionar la idea Wm2a en un 64%. En este momento, se analizan sobre todo tareas de la fase de evaluar / poner a prueba el modelo del dossier 3. Una de las tareas que fue clave en esta evolución de las subideas respecto al trabajo a nivel microscópico, consistía en que los estudiantes interactuaran con una simulación virtual en la que se observaba un grupo de partículas encerradas en un recipiente vibrando aleatoriamente. Los estudiantes podían alterar el sistema moviendo una de las murallas del recipiente para empujar a las partículas que están en su interior. Con esta simulación, los estudiantes pudieron interpretar lo que estaba pasando con las partículas de un coche en el momento en el que ocurre un choque. Así mismo, realizaron una simulación experimental con una caja de madera con alubias y un pistón móvil (que puede desplazar y direccionar a las alubias cercanas a él), para interpretar de manera más tangible el fenómeno de la simulación (que era muy abstracto). Con estas actividades los estudiantes lograron identificar la direccionalidad que adquieren las partículas con la presencia de una fuerza, por ejemplo: A11 *“Cuando las partículas están a temperatura ambiente estas se encuentran vibrando aleatoriamente. Al aplicar una fuerza las partículas más cercanas se direccionan en la misma dirección que la fuerza”*.

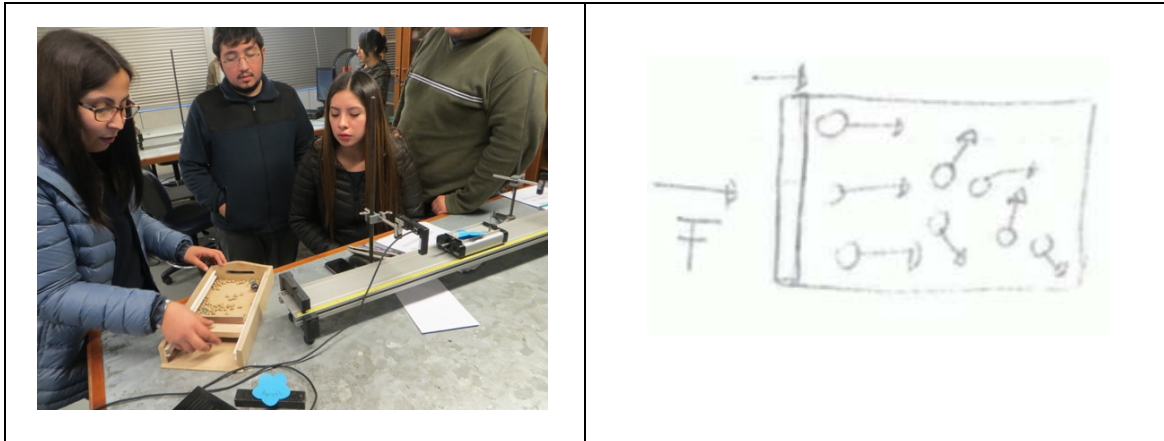


Figura 63. Estudiantes evaluando sus subideas respecto al mecanismo de trabajo a nivel microscópico.

En los momentos M3 y M4 disminuye el porcentaje de los estudiantes que menciona la subidea Wm2a respecto al trabajo a nivel microscópico, aumenta el porcentaje que utiliza la subidea Wm2b. Asociamos estos resultados del M3 al tipo de tareas analizadas (aplicación del dossier 3 y tareas de la fase de evaluar el modelo de la actividad 1 del dossier 4). Estas tareas contribuyeron en un mayor uso de la subidea Wm2b pues se relacionaban con situaciones en las que el rozamiento generaba aumento de la temperatura de una superficie, por este motivo, los estudiantes no vieron la necesidad de mencionar la direccionalidad de las partículas en sus explicaciones (resultado esperable).

En el momento M4, las tareas analizadas estaban asociadas a la fase de aplicación en el examen y, al igual que en el momento M3, la demanda se centró en que los estudiantes realizar una explicación de los fenómenos utilizando aspectos generales de la transferencia de energía, con un énfasis en el rozamiento (trabajo), potenciando que sobre todo que los estudiantes (45%) asociaran el rozamiento con un movimiento de las partículas de la superficie y un aumento de temperatura de esta. Por ejemplo: A1 “cuando el auto es frenado, las pastillas de frenos presionan el disco de frenos. En ese momento la energía cinética está siendo afectada por una fuerza en contra. Estas fuerzas generan cambios en el desplazamiento y se transfiere energía a través de trabajo. La pastilla de frenos desordena las partículas del disco y aumenta la temperatura, por ende, la energía no es aprovechada o útil y se degrada”.

La siguiente gráfica graduada en tonalidades violetas y azul eléctrico nos da a conocer la evolución de las subideas de los estudiantes respecto al mecanismo de trabajo a nivel macroscópico, perteneciente a la idea de transferencia de la energía. En ella podemos

observar los 4 momentos de análisis descritos en el capítulo 3. En el eje de las Y podemos observar el nivel de sofisticación y coherencia de las subideas de los estudiantes sobre el mecanismo de trabajo a nivel macroscópico y en el eje X la evolución de estas subideas a lo largo de los 4 momentos de la SEA. Con una línea discontinua de mayor grosor diferenciamos la evolución de cada subidea. Que una subidea esté ubicada superior a otra no se asocia, en este caso, a una mayor sofisticación, son subideas distintas y cada una tiene sus respectivos estadios.

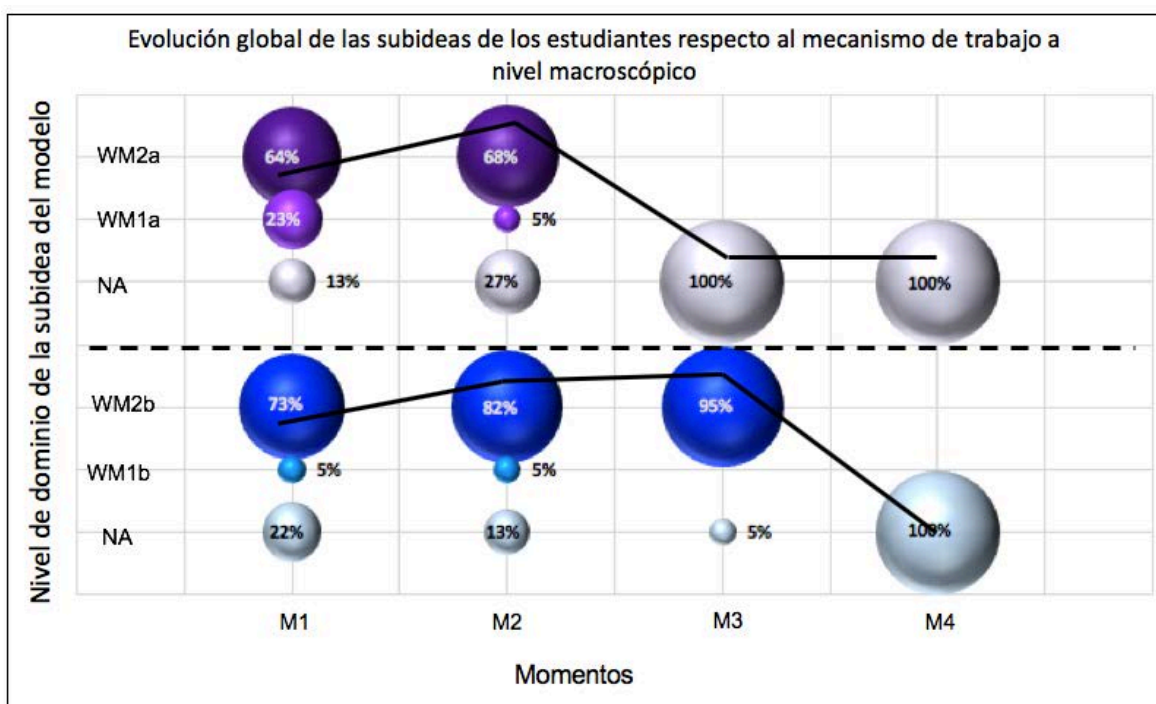


Figura 64. Evolución de las subideas de los estudiantes respecto al mecanismo de trabajo a nivel macroscópico a lo largo de la SEA.

La construcción de las subideas de los estudiantes respecto a la transferencia de la energía que puedan ser utilizadas para explicar fenómenos en términos macroscópicos, es más sencilla de realizar en comparación con los aspectos del mundo microscópico, considerando que las variables macroscópicas pueden ser medidas y observadas (como la medición de velocidad que se puede realizar con una fotopuerta) sin necesitar la interpretación que requieren las subideas microscópicas. Por este motivo las subideas respecto al mecanismo de trabajo a nivel microscópico las consideramos más sofisticadas que las subideas macroscópicas de este.

En el momento M1 se analizan tareas asociadas a la fase de expresar el modelo del dossier 3, con la intención de identificar qué aspectos macroscópicos y microscópicos son

mencionados desde los inicios. Los aspectos macroscópicos en el caso del trabajo no surgen de manera espontánea pero al realizar demandas explícitas son muy mencionados.

En el momento M1 un 64% de los estudiantes señala que no todas las fuerzas, asociadas al diagrama de cuerpo libre de un cuerpo, contribuyen en una transferencia de energía a través de trabajo (WM2a) y un 73% de los estudiantes involucra en sus explicaciones factores (como la masa o los materiales que forman a los cuerpos) que pueden afectar en que una transferencia de energía a través de trabajo sea mayor o menor (WM2b). Uno de los factores más identificados es el tipo de materiales, siendo muy mencionada la deformación que pueden sufrir los coches al momento de un impacto, por ejemplo: *A6” La energía con que los autos venían en movimiento fue disipada en la deformación de la masa al momento del choque...”*.

En el momento M2, se mantiene el uso de las subideas WM2a y WM2b en los estadios más sofisticados y aumenta el porcentaje de estudiante que menciona ambas ideas. Un 68% de los estudiantes menciona la subidea WM2a y un 82% la subidea WM2b. En este momento se analizan sobre todo tareas de la fase de evaluar / poner a prueba el modelo del dossier 3 para analizar la idea WM2b y una tarea de consenso del modelo (actividad 2) para la idea WM2a. Evidentemente, el experimentar midiendo las velocidades de los coches antes y después de chocar, utilizando coches de materiales diferentes, del mismo material y muy rígidos o teniendo uno con más masa que otro, fue determinante para que los estudiantes identificaran los factores que pueden afectar a una transferencia de energía a través de trabajo (WM2b).



Figura 65. Estudiantes evaluando sus subidea respecto a WM2b.

Mientras que para identificar qué fuerzas se asocian a una transferencia de energía a través de trabajo, fue necesario realizar una revisión de las subideas de los estudiantes en

la posibilidad de que en cada una de ellas los estudiantes mencionaran todas las subideas para explicar los fenómenos. Los gráficos recién presentados para trabajo macroscópico y microscópico reflejan solo “un estadio en uso” de cada subidea en cada momento.

Para identificar qué subideas fueron más mencionadas en cada momento y asociar a cuál de ellas los estudiantes dan mayor utilidad para explicar los fenómenos, presentamos una gráfica que muestra la frecuencia del uso que dan a cada subidea en cada momento.

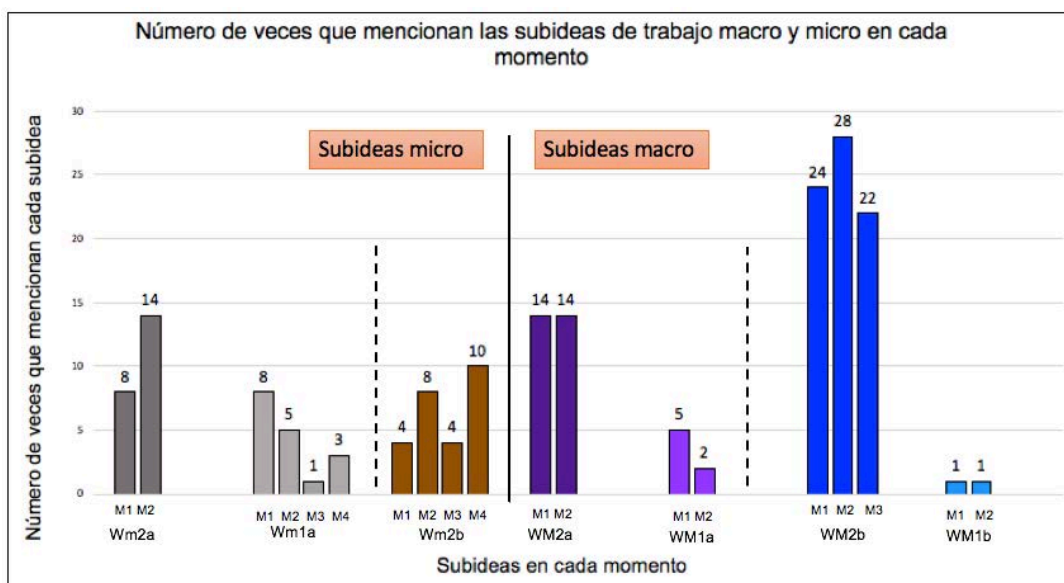


Figura 67. Frecuencia del uso de cada subidea de trabajo a nivel macroscópico y microscópico en cada momento.

Observando el gráfico (Figura 67) nos podemos percatar de que las subideas microscópicas fueron mayormente utilizadas a lo largo de los momentos en relación con las subideas macroscópicas y la frecuencia de uso refleja que las ideas fueron mencionadas prácticamente solo una vez por los estudiantes que las usaron. En cambio, el modelo macroscópico a pesar de ser menos utilizado a lo largo de los momentos de análisis, las veces que fue utilizado fue con una frecuencia mayor en cada momento. La idea WM2b evidencia más de un uso por parte de algunos estudiantes en los 3 momentos.

Comparando las subideas de calor y trabajo macroscópico y microscópico, se observa que los estudiantes utilizan mucho más las subideas macroscópicas de calor que las de trabajo y a su vez utilizan más las subideas microscópicas de trabajo en relación con las de calor. Consideramos que las subideas de calor a nivel macroscópico son mucho más trabajadas a lo largo de la escolaridad que las de trabajo y que por este motivo son mas intuitivas y

utilizadas por los estudiantes en sus explicaciones. Por otra parte, a nivel microscópico consideramos que el carácter vectorial de la fuerza permite que los estudiantes interpreten que las partículas de un cuerpo adquieren esta direccionalidad y sentido en una transferencia de energía a través de trabajo, siendo una idea más sencilla de construir. Los fenómenos cotidianos de rozamiento también incidieron en que los estudiantes hablaran del mecanismo de trabajo a nivel microscópico, sin embargo, se observa que el aumento de la energía interna de un sistema es omitido en ambas situaciones de transferencia de energía a través de calor y trabajo.

La última subidea relacionada con la idea de transferencia de la energía del MCE es la subidea equivalencia de mecanismos.

La siguiente gráfica graduada en tonalidades fucsia nos da a conocer la evolución de las subideas de los estudiantes respecto a la equivalencia entre mecanismos, perteneciente a la idea de transferencia de la energía. En ella podemos observar los 2 momentos de análisis descritos en el capítulo 3. En el eje de las Y podemos observar el nivel de sofisticación y coherencia de las subideas de los estudiantes sobre la equivalencia entre mecanismos y en el eje X la evolución de estas subideas a lo largo de los 2 momentos de la SEA.

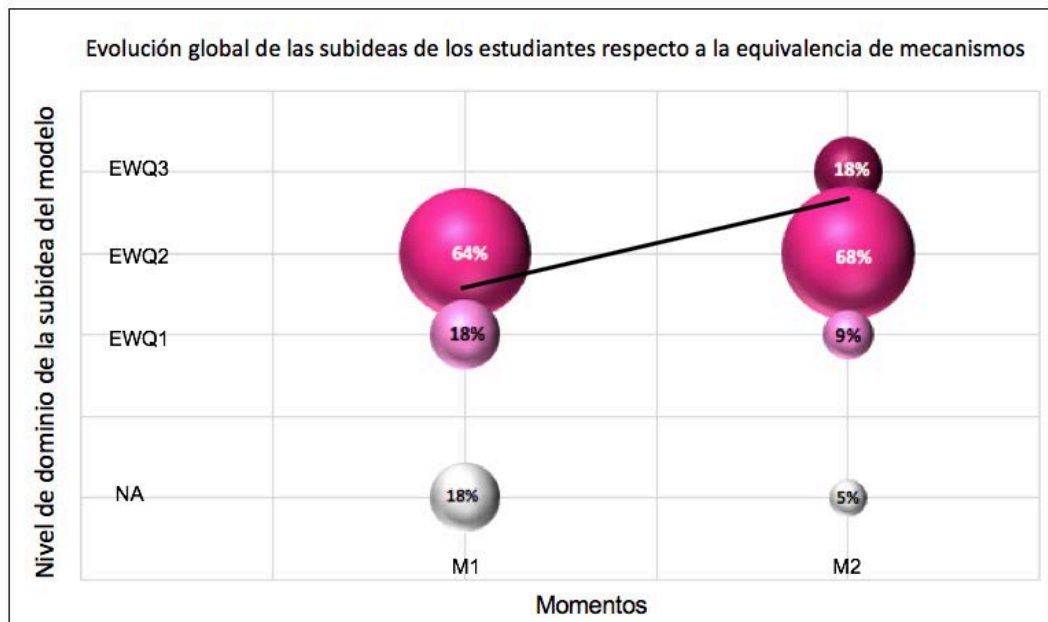


Figura 68. Evolución de los estudiantes respecto a la subidea equivalencia de mecanismos a lo largo de la SEA.

Esta subidea es muy brevemente trabajada en la actividad 4 del dossier 3, luego de haber analizado a lo largo del dossier 2 el comportamiento microscópico de las partículas en la transferencia de energía a través de calor y a lo largo del dossier 3 el comportamiento de las partículas en la transferencia de energía a través de trabajo.

En el momento M1, en la fase de evaluar / poner a prueba el modelo de la actividad 4 del dossier 3, se pide a los estudiantes diferenciar a nivel microscópico los mecanismos de trabajo y calor y relacionar estas diferencias con el aprovechamiento energético que podemos obtener a partir de ellos. En este momento un 18% de los estudiantes no responde, otro 18% considera que ambos mecanismos de energía son equivalentes en términos de aprovechamientos (EWQ1) y un 64% menciona que no son mecanismos equivalentes porque en el mecanismo de trabajo el movimiento de las partículas es más direccionado que en el de calor (EWQ2), por ejemplo: A2 *“La diferencia está en qué origina la agitación de partículas, la transferencia a través de calor se produce entre cuerpos con diferente agitación de partículas (temperatura) y este tipo se origina a través de una fuerza (cambio de posición), que produce el movimiento organizado de partículas, no son equivalentes a nivel macro y por ello el aprovechamiento cambia”*.

Si bien la respuesta que da la mayoría de las estudiantes es correcta, no se especifica que en el mecanismo de trabajo podemos aprovechar todos los cambios e ir generando nuevos cambios, mientras que el mecanismo de calor es más limitado y es imposible aprovechar la energía disipada al entorno.

En el momento M2 que corresponde al análisis de una tarea de aplicación del examen, disminuye el número de estudiantes que los considera equivalentes en un 9%, aumenta el número de estudiantes situados en el estadio EWQ2 (68%) y un 18% accede al estadio más sofisticado EWQ3. Por ejemplo: A1 *“El trabajo es capaz de generar grandes cambios en el estado del sistema, por sus aumentos de temperatura y fuerzas que provocan desplazamientos, mientras que el calor es menos útil. A nivel micro, el calor acelera las partículas (movimiento aleatorio y desordenado) y el trabajo ordena las partículas (más coherente al sentido de la fuerza aplicada)”*.

Este pequeño porcentaje de aumento lo podríamos atribuir a la ejecución de la actividad 1 del dossier 4 pero a ninguna fase del ciclo de modelización en concreto. En el dossier 4 los estudiantes trabajan con un fenómeno en el que se puede analizar el aprovechamiento del mecanismo de trabajo para provocar el frenado del disco de frenos de un automóvil. En

este proceso de frenado también se genera un calentamiento (por rozamiento) y un posterior enfriamiento a través de calor, que no puede ser aprovechado para generar nuevos cambios. Consideramos que este fenómeno pudo provocar esa leve evolución de los estudiantes respecto a esta subidea, sin embargo, esta evolución fue baja y no podríamos hablar de una subidea que haya sido incorporada a cabalidad por los estudiantes.

Lo que si podemos destacar de esta evolución es que la mayoría de los estudiantes es capaz de describir los mecanismos de calor y trabajo a nivel microscópico y diferenciar cómo es el comportamiento de las partículas de los cuerpos en cada transferencia.

4.1.3. Niveles de dominio del MCE de energía de los futuros profesores de física y matemática

Las representaciones gráficas de la evolución de los estadios de cada una de las ideas clave del MCE de energía de los estudiantes presentados anteriormente, nos permiten conocer el porcentaje de estudiantes cuyas ideas y modelos de energía se hallan en cada estadio de sofisticación y coherencia con el MCE de energía objeto de aprendizaje. Esto nos sirve para identificar cuáles son las ideas y subideas del MCE mejor construidas por los estudiantes, así como identificar la evolución de estas ideas a lo largo de la SEA. Sin embargo, estas representaciones “idea a idea” y para todos los estudiantes en global no nos permiten identificar cuál es el modelo de energía global (incluyendo todas las ideas) inicial o final de cada estudiante a título individual (tipo de modelo de energía que dominan), ni identificar a qué nivel dominan este modelo cada uno de los estudiantes en los momentos iniciales o finales (grado o nivel al que domina el MCE cada estudiante).

Para poder conocer esta información realizamos un análisis conjunto de las cuatro ideas clave o principales del modelo de energía de los alumnos respecto al MCE a construir: ideas de naturaleza de la energía, transferencia, conservación y degradación de la energía en un momento inicial y final, desde dos miradas. Por una parte, nos interesaba conocer el grado de sofisticación y coherencia de las ideas del modelo de energía que evidenciaron los estudiantes (grado alto, medio, básico o bajo), así como conocer el tipo de modelo que predominó es decir, que aspectos del modelo que se incluyen o no en sus producciones (tipo equilibrado, sin conservación,...) al inicio y al final de la SEA. La combinación de ambos análisis nos permite obtener una panorámica individual del dominio del dominio del modelo de energía de los estudiantes, así como analizar la evolución de cada uno de ellos

en la SEA. Así, hemos denominado niveles de dominio del MCE de energía de los futuros profesores a los tipos de modelos y grados de sofisticación y coherencia globales, para todas las ideas o aspectos del MCE objeto de aprendizaje, que podemos observar en cada uno de los futuros profesores en los momentos inicial y final de la SEA.

El nivel de dominio de cada una de las ideas se plasmó en unas representaciones gráficas radiales que nos dan a conocer el nivel de dominio global del modelo de energía de cada estudiante. Este tipo de representación fue inspirada en la investigación de Ferrer (2016) y nos resulta muy útil para mostrar fácilmente tanto el grado de sofisticación y coherencia del modelo de energía de cada estudiante como su tipología, a través de representar en cada eje de coordenadas el nivel de sofisticación y coherencia mostrado por cada idea/aspecto del MCE. El nivel de dominio global del MCE para cada estudiante puede verse analizando la amplitud de esta figura (modelos de más grado de sofisticación y coherencia se representan con figuras más grandes) y su forma (modelos más equilibrados y completos se representan con formas más regulares y redondeadas).

Para poder analizar el aprendizaje conseguido en términos de dominio del MCE de energía, se ha realizado un análisis de las producciones escritas y gráficas de los estudiantes en un momento inicial y final para cada idea del modelo energético. Para la idea de naturaleza de la energía hemos escogido como momento inicial el M1 del análisis de la evolución de esta idea, en el que un 64% de los estudiantes muestran ideas/aspectos que se encuentran en el estadio ES3, un 23% en el estadio ES2, un 4% en ES1 y un 9% no menciona aspectos relacionados con esta idea. Consideramos que este momento es el que mejor refleja las ideas iniciales de los estudiantes respecto de la naturaleza de la energía por estar asociado al primer dossier y por el planteamiento de las preguntas en las que orientamos a los estudiantes a pensar en cómo estaban los sistemas y describir sus características.

Para la idea de transferencia de la energía hemos escogido como momento inicial el M1 del análisis de la evolución de esta idea, en el que un 55% de los estudiantes muestran ideas/aspectos que se encuentran en el estadio WQ2, un 36% en WQ1 y un 9% en WQ0. Este momento se asocia a la actividad 3 del dossier 1 en el que planteamos un contexto pertinente para que los estudiantes comenzaran a describir y explicar una primera cadena energética.

Para las ideas de los estudiantes respecto a la conservación y degradación de la energía no hemos podido escoger los primeros momentos de análisis porque los estudiantes en su

gran mayoría no las mencionaron. Para la idea de degradación de la energía hemos seleccionado el M2 en el que un 64% de los estudiantes muestran ideas/aspectos que se encuentran en el estadio D2 y un 36% no menciona estos aspectos. Para la idea de conservación de la energía hemos escogido el momento M3 en el que un 5% de los estudiantes muestran ideas/aspectos que se encuentran en el estadio el estadio C3, un 18% en C2, un 14% en C1 y un 63% no menciona aspectos relacionados. Si bien para esta última idea predomina el porcentaje de estudiantes que no menciona aspectos relacionados con la conservación de la energía; consideramos que este momento es el que mejor refleja la complejidad del uso de esta idea en las demandas de la SEA y a pesar de esto, las tareas planteadas brindaron la oportunidad de que al menos un 37% de los estudiantes mostraran ideas/aspectos en relación con esta.

Por otra parte, para encontrar el nivel de dominio final del modelo de energía por parte de los estudiantes también hemos seleccionado dentro de los momentos finales analizados el que haya dado evidencia de una mayor progresión de aprendizaje de los estudiantes respecto a todas las ideas del modelo de energía (mayor cantidad de estudiantes concentrados en los estadios más sofisticados).

Para las ideas sobre la naturaleza de la energía hemos escogido como momento final el M6 en el que un 77% de los estudiantes muestran ideas/aspectos que se encuentran en el estadio ES4, un 23% en ES3 y un 4% en ES2. Esta idea estuvo formada por 7 momentos, sin embargo, el último momento no lo hemos considerado por contener tareas del examen que no permitían que los estudiantes utilizaran el estadio más sofisticado para dar una respuesta.

Para las ideas sobre la transferencia de la energía hemos escogido como momento final el M7 en el que se analizan tareas del examen y un 77% de los estudiantes muestran ideas/aspectos que se encuentran en el estadio WQ4 y un 23% en el estadio WQ3. Este momento corresponde al momento final de análisis real.

Para las ideas de degradación de la energía hemos escogido como momento final el M4 en el que un 32% de los estudiantes muestran ideas/aspectos que se encuentran en el estadio D4, un 59% en el estadio D3 y un 9% en el estadio D2. El análisis de esta idea contempló 6 momentos, sin embargo, las preguntas asociadas al M5 tenían un mayor enfoque en la idea de conservación de la energía y las tareas del M6 asociadas al examen

mostraron ser más útiles para la idea de transferencia de la energía que para la de degradación y conservación de esta.

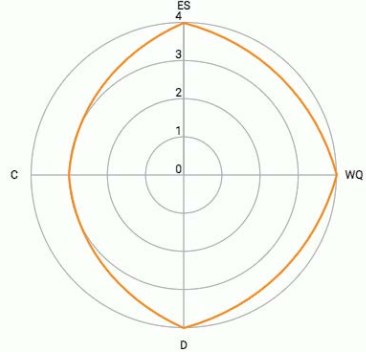
Finalmente, para las ideas sobre conservación de la energía hemos escogido como momento final el M5 en el que un 9% de los estudiantes muestran ideas/aspectos que se encuentran en el estadio C4, un 45% en el estadio C3, un 18% en el estadio C2 y un 5% en el estadio C1.

Una vez seleccionados los momentos, se han construido categorías para clasificar a los estudiantes que sirvieran para clasificar a todos los estudiantes, tanto en un momento inicial como final (así como en sus producciones escritas del test de salida), respecto al grado momento inicial y final, respecto al grado de sofisticación y coherencia de las ideas del modelo de energía que evidenciaron. Del mismo modelo se construyeron categorías para clasificar los modelos de los estudiantes, en un momento inicial y final, respecto al tipo de modelo que predominó en sus producciones (escritas o gráficas) en cada momento.

Para el análisis del grado de sofisticación y coherencia de las ideas del modelo de energía de los futuros profesores hemos propuesto 4 categorías: grado alto de dominio de las ideas del MCE de energía, grado medio de dominio de las ideas del MCE de energía, grado básico de dominio de las ideas del MCE de energía y grado bajo de dominio de las ideas del MCE de energía.

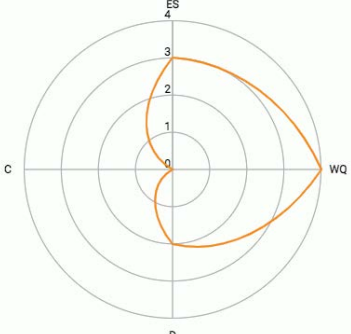
En la Tabla 63 describimos la categoría grado alto de dominio de las ideas del MCE de energía y presentamos un ejemplo de esta.

Tabla 63. Descripción de la categoría grado alto de dominio de las ideas del MCE de energía

Grado alto de dominio de las ideas del MCE de energía	Ejemplo
<p>Los estudiantes demuestran un grado alto de dominio de las ideas del modelo energético cuando sus producciones muestran que dos o más ideas/aspectos del modelo de energía se encuentran en los estadios 3 o 4. Estos estudiantes mencionan todas las ideas del modelo de energía.</p>	

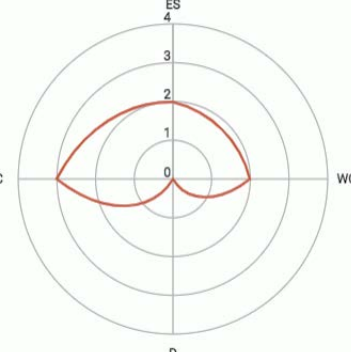
En la Tabla 64 describimos la categoría grado medio de dominio de las ideas del MCE de energía y presentamos un ejemplo de esta.

Tabla 64. Descripción de la categoría grado medio de dominio de las ideas del MCE de energía

Grado medio de dominio de las ideas del MCE de energía	Ejemplo
<p>Los estudiantes demuestran un grado medio de dominio de las ideas del modelo energético cuando sus producciones muestran que de dos o más ideas/aspectos del modelo de energía se encuentran en los estadios 3 o 4, pero alguna de ellas puede ser inexistente.</p>	 <p>The radar chart displays four axes: ES (top), WQ (right), D (bottom), and C (left). Concentric circles represent stages 0, 1, 2, 3, and 4. An orange line connects the points: 0 on the C axis, 3 on the ES axis, 0 on the D axis, and 3 on the WQ axis.</p>

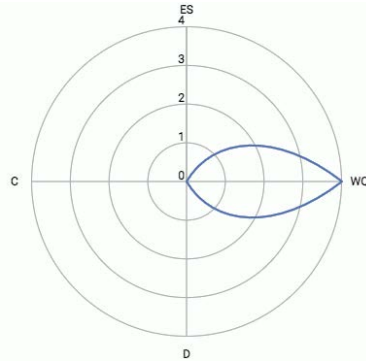
En la Tabla 65 describimos la categoría grado básico de dominio de las ideas del MCE de energía y presentamos un ejemplo de esta.

Tabla 65. Descripción de la categoría grado básico de dominio de las ideas del MCE de energía

Grado medio de básico de las ideas del MCE de energía	Ejemplo
<p>Los estudiantes demuestran un grado básico de dominio de las ideas del modelo energético cuando sus producciones muestran que la mayor parte de las ideas/aspectos del modelo no superan el estadio 2.</p>	 <p>The radar chart displays four axes: ES (top), WQ (right), D (bottom), and C (left). Concentric circles represent stages 0, 1, 2, 3, and 4. A red line connects the points: 0 on the C axis, 2 on the ES axis, 0 on the D axis, and 2 on the WQ axis.</p>

Finalmente, en la Tabla 66 describimos la categoría grado bajo de dominio de las ideas del MCE de energía y presentamos un ejemplo de esta.

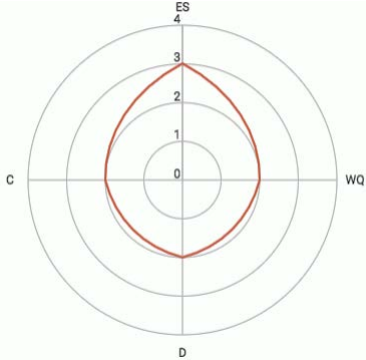
Tabla 66. Descripción de la categoría grado bajo de dominio de las ideas del MCE de energía

Grado bajo de dominio de las ideas del MCE de energía	Ejemplo
<p>Los estudiantes demuestran un grado bajo de dominio de las ideas del modelo energético cuando sus producciones muestran que las ideas/aspectos del modelo de energía no superan el estadio 2 o cuando no mencionan dos o más ideas del modelo energético.</p>	 <p>The radar chart displays four axes: ES (top), WQ (right), D (bottom), and C (left). Concentric circles represent mastery levels from 0 to 4. A blue line connects the data points for each axis, showing values of 0 for ES, 1 for WQ, 0 for D, and 0 for C.</p>

Para el análisis del nivel de dominio respecto al tipo de modelo de energía que predominó en las producciones (escritas o gráficas) de los estudiantes hemos propuesto 6 categorías: un modelo equilibrado, 4 modelos incompletos en los que alguna de las ideas del MCE de energía se obvian: modelo que obvia la conservación de la energía, modelo que obvia la degradación de la energía, modelo que obvia la naturaleza de la energía, modelo que obvia la transferencia de la energía y un modelo altamente incompleto donde se obvian dos o más de estas ideas o aspectos del MCE.

En la Tabla 67 describimos la categoría modelo equilibrado de energía de los estudiantes y presentamos un ejemplo de esta.

Tabla 67. Descripción de la categoría modelo equilibrado de los estudiantes

Modelo equilibrado de energía	Ejemplo
<p>Los estudiantes dominan un modelo equilibrado de la energía cuando en sus producciones muestran un cierto dominio de todas las ideas del MCE de energía.</p>	 <p>The radar chart displays four axes: ES (top), WQ (right), D (bottom), and C (left). Concentric circles represent mastery levels from 0 to 4. A red line connects the data points for each axis, showing values of 3 for ES, 3 for WQ, 3 for D, and 3 for C.</p>

En la Tabla 68 describimos la categoría modelo de los estudiantes que obvia la conservación de la energía y presentamos un ejemplo de esta.

Tabla 68. Descripción de la categoría modelo de los estudiantes que obvia la conservación de la energía

Modelo que obvia la conservación de la energía	Ejemplo
<p>Los estudiantes dominan un modelo de energía que obvia la conservación de la energía cuando en sus producciones muestran un cierto dominio de todas las ideas del MCE excepto de la idea de conservación de la energía.</p>	

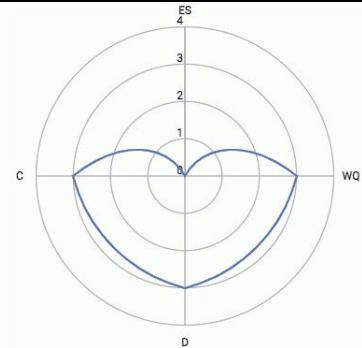
En la Tabla 69 describimos la categoría modelo de los estudiantes que obvia la degradación de la energía y presentamos un ejemplo de esta.

Tabla 69. Descripción de la categoría modelo de los estudiantes que obvia la degradación de la energía

Modelo que obvia la degradación de la energía	Ejemplo
<p>Los estudiantes dominan un modelo de energía que obvia la degradación de la energía cuando en sus producciones muestran un cierto dominio de todas las ideas del MCE excepto de la idea de degradación de la energía.</p>	

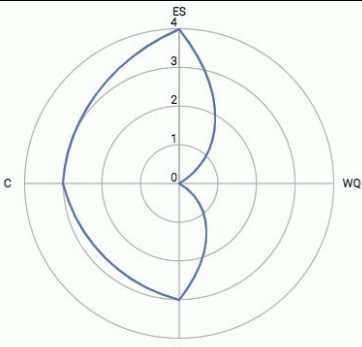
En la Tabla 70 describimos la categoría modelo de los estudiantes que obvia la naturaleza de la energía y presentamos un ejemplo de esta.

Tabla 70. Descripción de la categoría modelo de los estudiantes que obvia la naturaleza de la energía

Modelo que obvia la naturaleza de la energía	Ejemplo
<p>Los estudiantes dominan un modelo de energía sin naturaleza de la energía cuando en sus producciones muestran un cierto dominio de todas las ideas del MCE excepto de la idea de naturaleza de la energía.</p>	 <p>The radar chart displays five dimensions: ES (top), D (bottom), C (left), and WQ (right). The scale ranges from 0 to 4. The profile shows high scores (around 3-4) for ES, C, and WQ, and a low score (around 1) for D. This indicates a model that neglects the 'nature of energy' (D) but is strong in other concepts.</p>

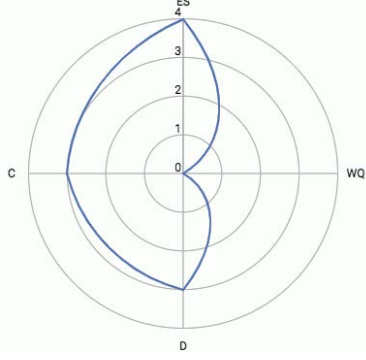
En la Tabla 71 describimos la categoría modelo de los estudiantes que obvia la transferencia de la energía y presentamos un ejemplo de esta.

Tabla 71. Descripción de la categoría modelo de los estudiantes que obvia la transferencia de la energía

Modelo que obvia la transferencia de la energía	Ejemplo
<p>Los estudiantes dominan un modelo de energía sin transferencia de la energía cuando en sus producciones muestran un cierto dominio de todas las ideas del MCE excepto de la idea de transferencia de la energía.</p>	 <p>The radar chart displays five dimensions: ES (top), D (bottom), C (left), and WQ (right). The scale ranges from 0 to 4. The profile shows high scores (around 3-4) for ES, C, and WQ, and a low score (around 1) for D. This indicates a model that neglects the 'transfer of energy' (D) but is strong in other concepts.</p>

Finalmente, en la Tabla 72 describimos la categoría modelo altamente incompleto de la energía de los estudiantes y presentamos un ejemplo de esta.

Tabla 72. Descripción de la categoría modelo incompleto de la energía de los estudiantes

Modelo incompleto de la energía	Ejemplo
<p>Los estudiantes demuestran un modelo altamente incompleto de la energía cuando en sus producciones no mencionan dos o más ideas del modelo de energía.</p>	

4.1.3.1. Grado de sofisticación y coherencia de las ideas del modelo de energía de los futuros profesores en un momento inicial

En un momento inicial hemos identificado que ninguno de los estudiantes evidencia un grado alto de sofisticación y coherencia de las ideas del modelo de energía, considerando que sus explicaciones no se encuentran los estadios más sofisticados de las ideas del modelo de energía. Este resultado es esperable en un momento inicial, ya que los estudiantes están comenzando a construir las ideas del modelo energético y comienzan a responder a las distintas demandas de la SEA desde sus conocimientos previos, experiencia o ideas en torno a la energía adquiridas a lo largo de sus vivencias personales y la escolaridad.

El grado más sofisticado en un momento inicial fue asociado a 3 estudiantes (A11, A14 y A7), quienes evidencian un grado medio de coherencia en sus ideas con el MCE de energía. De los tres estudiantes, A11 mostró un mejor grado de coherencia en sus ideas al mostrar aspectos que se encuentran en el estadio de nivel 2 e incluso 3: ES3, WQ2, D2 y C2. El estudiante A14 se comporta de manera similar pero se encuentra un menor grado de sofisticación en su idea de conservación de la energía. Por otra parte, el estudiante A7 da evidencia de su grado medio de coherencia de las ideas del modelo energético al mostrar aspectos de la naturaleza de la energía que se encuentran en el estadio ES3 y de la degradación en el estadio de nivel D2. Este estudiante tiene un grado de menor calidad que los estudiantes A11 y A14 al identificarse dificultades en la comprensión de las ideas de transferencia y conservación de la energía (evidenciadas en los estadios WQ1 y C1 respectivamente) y al seguir una lógica de transformación y pérdida de la energía. En la

Figura 69 podemos observar la gráfica con el grado de sofisticación de las ideas del modelo de energía de estos estudiantes.



Figura 69. Grado de sofisticación de las ideas del modelo de energía de los estudiantes A11, A14 y A7 en un momento inicial.

Con un grado de sofisticación y coherencia básico de las ideas del MCE de energía, hemos clasificado a 11 estudiantes (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A8, A12, A15, A17 y A21). En la Figura 70 podemos observar que el estudiante A4 muestra dominio de todas las ideas o aspectos del MCE de energía al nivel del estadio 2, mostrando complejidades en el dominio de todas las ideas del modelo energético. El estudiante A5 muestra dos ideas del modelo de energía en los estadios 2 y las otras dos en el estadio 1. Este estudiante tiene complejidades asociadas a todas las ideas del modelo, pero sobre todo respecto a la naturaleza de la energía y su transferencia, mostrando una lógica de transformaciones de energía.

En las explicaciones de los estudiantes A1, A2, A3, A12 y A15 dan evidencia del dominio de alguna idea del modelo en un estadio 3 y otras en el estadio 2, también se encuentra que omiten aspectos de alguna idea del modelo de energía. Los estudiantes A2, A3 y A15 demuestran dominio sobre la naturaleza de la energía, pero tienen evidentes complejidades en el dominio de la idea de conservación de la energía. Los estudiantes A1 y A12 demuestran complejidades en la idea de transferencia de la energía. El estudiante A12 es el único de toda la muestra que en un momento inicial menciona que la energía se conserva, alcanzando el estadio C3.

Los estudiantes A6, A8, A17 y A21 dan evidencia de su grado de sofisticación básico al encontrarse sus ideas del modelo en el estadio 3 para una de las ideas, en el estadio 2 para otra y en el estadio 1 para otra. Estos estudiantes no mencionan aspectos de una de las ideas del modelo de energía. Los estudiantes A6, A17 y A21 demuestran un mejor dominio de las ideas de naturaleza de la energía y degradación de esta (identificando la

disipación) y mayores problemas respecto la idea de transferencia de la energía y sobre todo de su conservación. Por su parte el estudiante A8 muestra un mayor dominio de la idea de naturaleza de la energía y su transferencia y complejidades en su comprensión de la conservación y degradación de la energía.

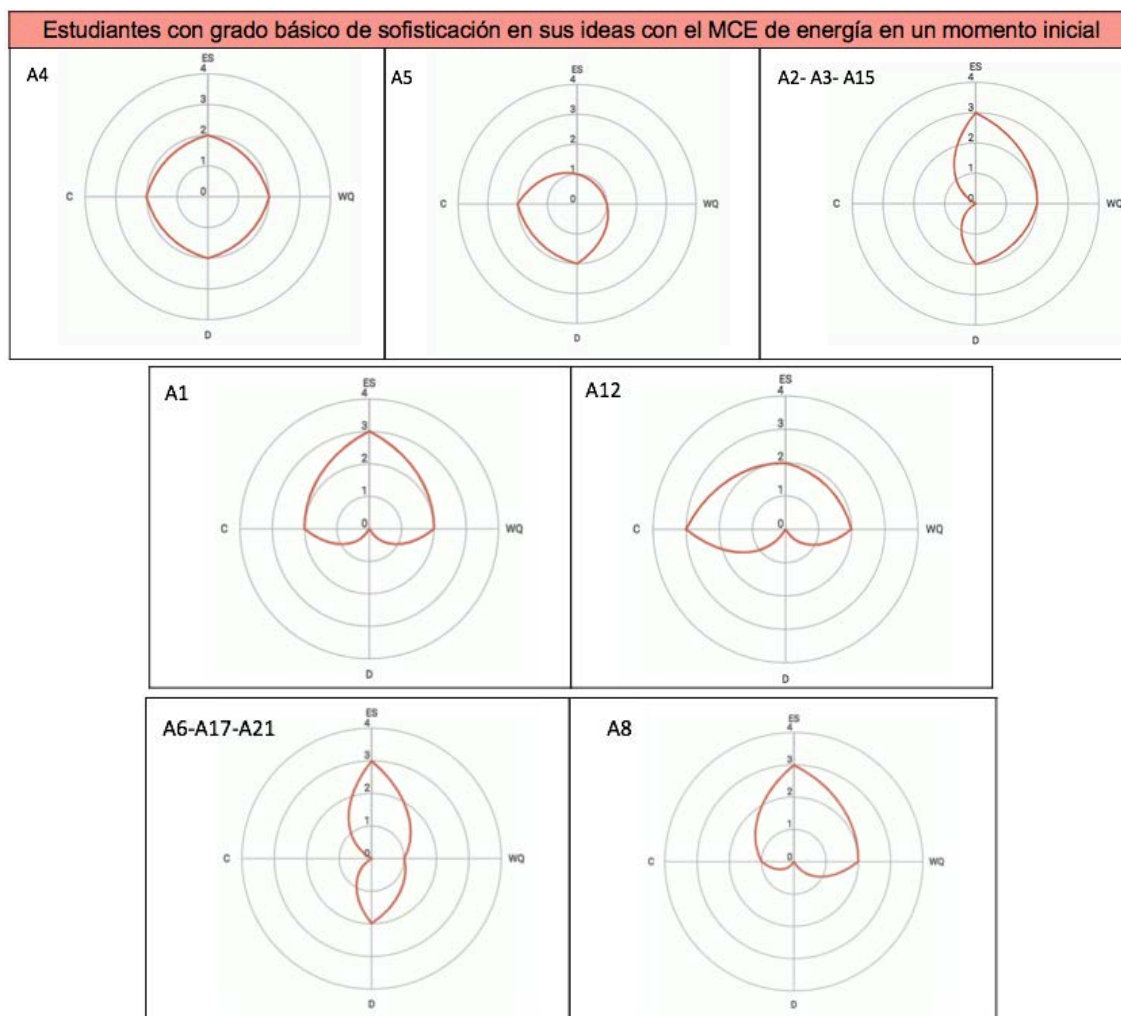


Figura 70. Grado de sofisticación de las ideas del modelo de energía de los estudiantes A1, A2, A3, A4, A5, A6, A8, A12, A15, A17 y A21 en un momento inicial.

Con un grado de sofisticación y coherencia bajo de las ideas del modelo de energía, hemos clasificado a 8 estudiantes (A9, A10, A13, A16, A18, A19, A20 y A22). En la Figura 71 podemos observar que los estudiantes A10 y A16 muestran producciones respecto a tres ideas del modelo de energía que se encuentran en el estadio 2 y no mencionan aspectos relacionados con la idea de conservación de la energía.

En las explicaciones de los estudiantes A9 y A18 se encuentra una idea del modelo en el estadio 3 y otra en un estadio 2. Por otro lado, el estudiante A20 muestra aspectos que se

encuentran en el estadio 3 y en el estadio 1. En estos tres casos la idea mejor dominada es la de naturaleza de la energía. Los estudiantes A9 y A20 no dominan aspectos de la conservación y degradación de la energía, mientras que el estudiante A18 no domina aspectos de la transferencia y conservación de la energía. El estudiante A19 evidencia su grado de coherencia bajo del modelo energético al mencionar una idea que se encuentra en el estadio 2 y otra en el estadio 1. Este estudiante no menciona aspectos relacionados con las ideas de conservación y degradación de la energía.

Finalmente, los estudiantes A13 y A22 son el mejor ejemplo de un grado de coherencia de las ideas del modelo bajo al no mencionar prácticamente ningún aspecto del modelo de energía al inicio de la SEA. El estudiante A13 solo menciona aspectos relacionados con las transformaciones de energía, mientras que el estudiante A22 no menciona ningún aspecto del modelo energético y explica los fenómenos solo en términos mecánicos.

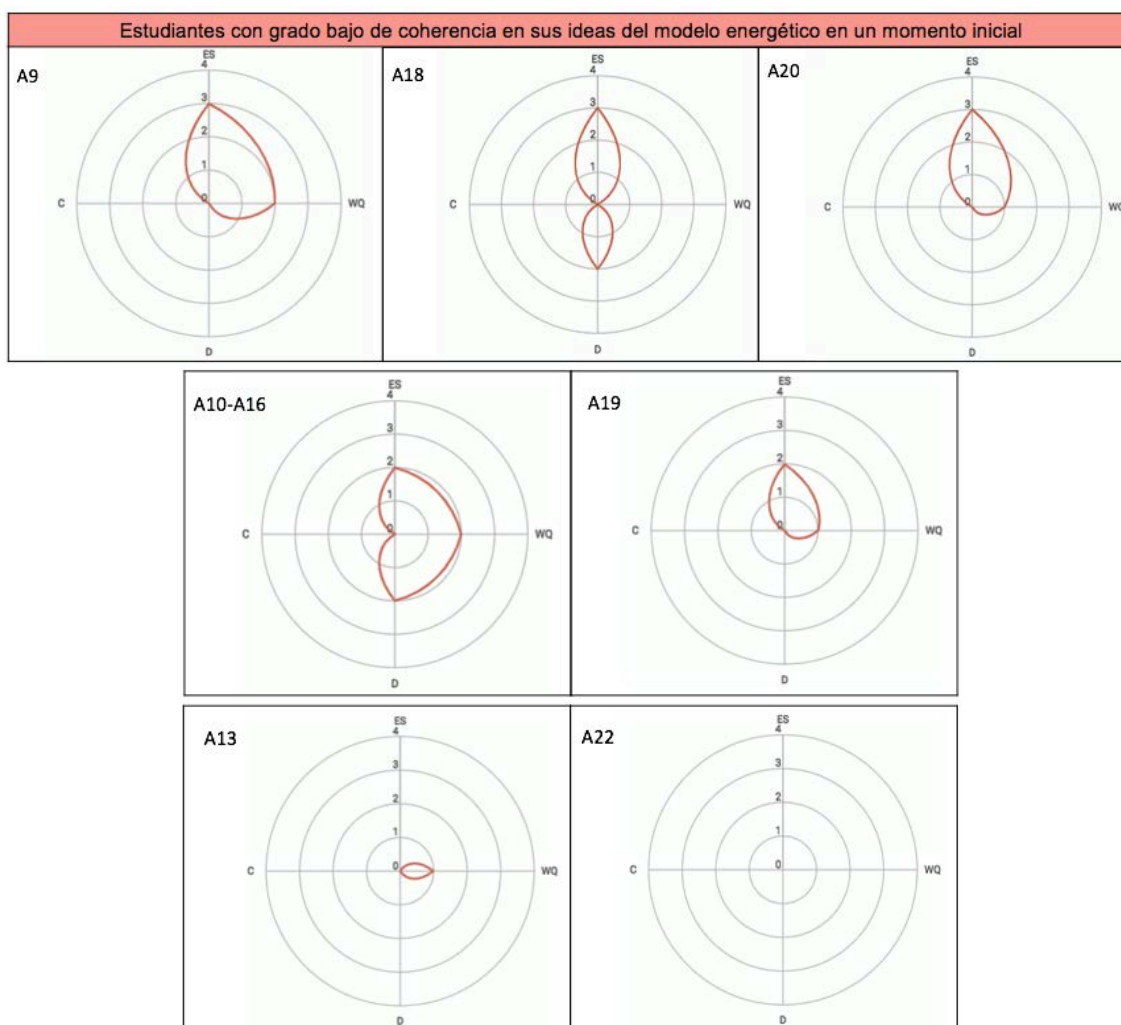


Figura 71. Grado de sofisticación de las ideas del modelo de energía de los estudiantes A9, A10, A13, A16, A18, A19, A20 y A22 en un momento inicial.

4.1.3.2. Tipos de modelo de energía de los futuros profesores de física y matemática en un momento inicial

En un momento inicial, a partir del análisis de las producciones de los estudiantes, hemos encontrado diferentes tipos de modelo de energía: modelo equilibrado, que obvia la conservación de la energía, que obvia la degradación de la energía y altamente incompleto, predominando los estudiantes que evidencian un modelo sin conservación de la energía. Este resultado era esperado por los antecedentes que disponíamos de la evolución global de la idea de conservación de la energía, donde comprobamos que esta idea es una de las más complejas de construir del modelo de energía con la que no partían los estudiantes.

En el tipo de modelo equilibrado hemos clasificado a 5 estudiantes que en sus producciones muestran un dominio de todas las ideas del modelo energético en el mismo estadio o en estadios similares. En la Figura 72 podemos observar que la “calidad de estos modelos” no es la misma. El estudiante A11 es el que muestra un modelo equilibrado con más calidad inferir de sus producciones el dominio de una de las ideas en el estadio 3 y las otras en el estadio 2, con un predominio en sus explicaciones de la idea de naturaleza de la energía en un grado más sofisticado. El estudiante A14 tiene un comportamiento similar al encontrarse en sus producciones un dominio de una idea en el estadio 3, dos ideas en el estadio 2 y una idea en el estadio 1, siendo también la más sofisticada la de naturaleza de la energía y la menos sofisticada la de conservación de la energía.

El estudiante A4 es el que tiene un modelo más equilibrado al dominar todas las ideas del modelo en el mismo estadio. Sin embargo, a pesar de ser un modelo equilibrado sus ideas no son sofisticadas por encontrarse todas en el estadio 2. Algo similar ocurre con el estudiante A5 quien menciona en sus explicaciones ideas que se encuentran en los estadios 2 y 1 del modelo de energía, dando evidencia de un modelo equilibrado pero no sofisticado.

El modelo del estudiante A7 es el que visualmente se ve “menos equilibrado” considerando que en sus explicaciones se encuentran dos ideas en el estadio 1, una idea en el estadio 3 y otra en el estadio 2. Este estudiante tiene complejidades asociadas a la comprensión de las ideas de transferencia y conservación de la energía. Si bien estamos de acuerdo que este estudiante es el menos equilibrado respecto a sus pares, lo hemos considerado en esta clasificación por el hecho de que muestra un cierto dominio en todas las ideas del modelo.

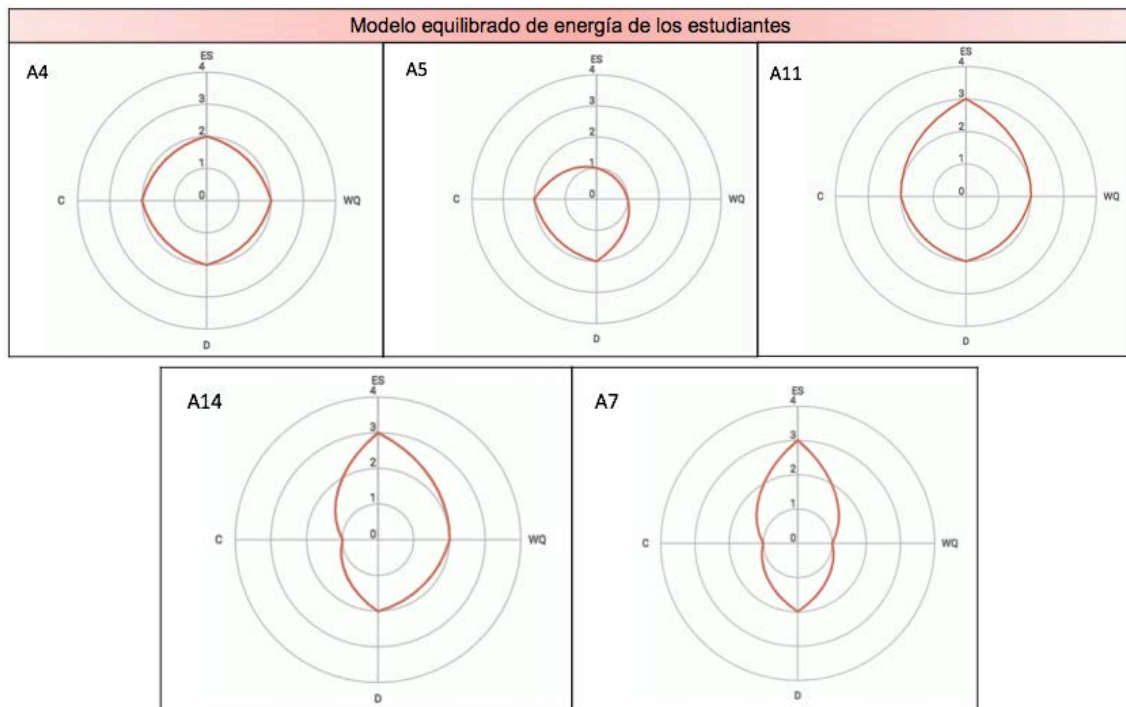


Figura 72. Tipo de modelo de energía de los estudiantes A4, A5, A7, A11 y A14 en un momento inicial.

En el tipo de modelo que obvia la conservación de la energía hemos clasificado a 8 estudiantes que mencionan 3 ideas del modelo pero omiten la idea mencionada. En la Figura 73 podemos observar que los estudiantes A2, A3 y A15 dan explicaciones en las que se infiere que una de sus ideas se encuentran en el estadio 3 y dos ideas en el estadio 2, siendo la más sofisticada la de naturaleza de la energía. En los estudiantes A6, 17 y A21 también se encuentra esta idea como la más sofisticada en el estadio 3, la de degradación de la energía en el estadio 2 y la de transferencia de la energía en el estadio 1. Por otra parte, los estudiantes A10 y A16 dan explicaciones en las que se encuentran las ideas ES, WQ y D en el estadio 2. De todo este grupo de estudiantes A2, A3 y 15 tienen explicaciones en las que se encuentran ideas más sofisticadas.

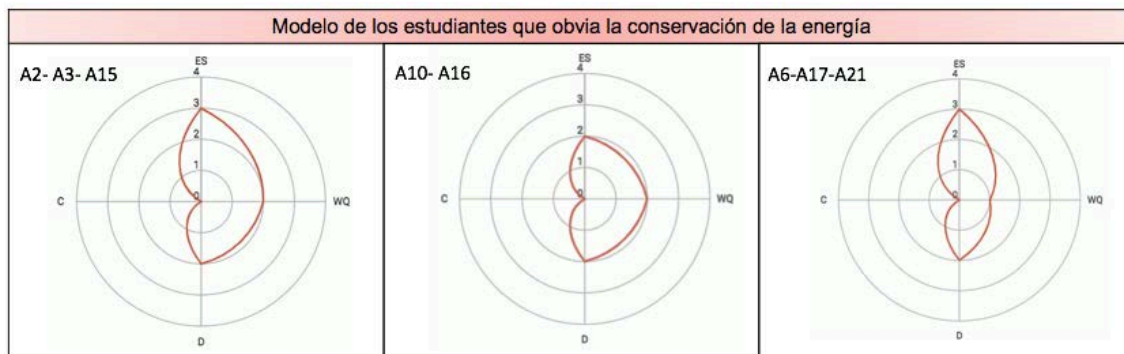


Figura 73. Tipo de modelo de energía de los estudiantes A2, A3, A6, A10, A15, A16, A17 y A21 en un momento inicial.

En el tipo de modelo que obvia la degradación de la energía hemos clasificado a 3 estudiantes que mencionan tres ideas del MCE y omiten la mencionada. En la Figura 74 podemos observar que los estudiantes A1 y A8 dan explicaciones en sus producciones que muestran un énfasis en el dominio de la idea de naturaleza de la energía en el estadio 3. Entre ambos estudiantes A1 menciona en sus explicaciones levemente más sofisticada la idea de conservación de la energía. De toda la muestra de estudiantes A12 es el único de los estudiantes que da explicaciones en las que se evidencia una idea de energía más sofisticada que sus pares, en el estadio C3.

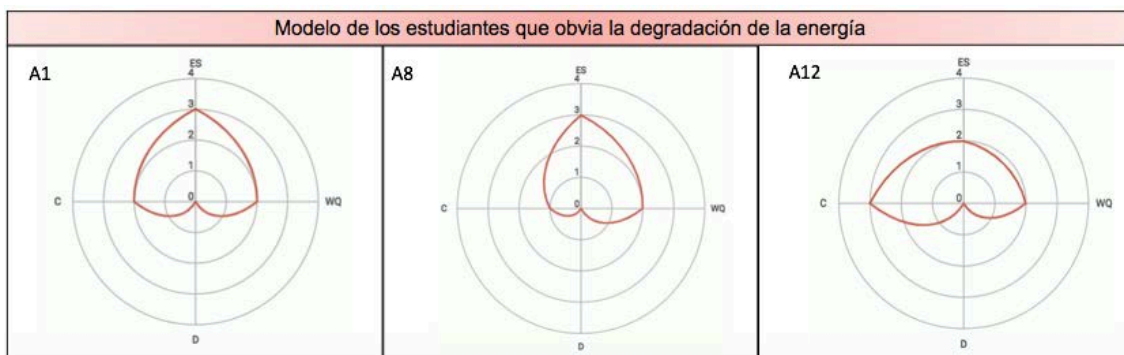


Figura 74. Tipo de modelo de energía de los estudiantes A1, A8 y A12 en un momento inicial.

Finalmente, en el tipo de modelo altamente incompleto de la energía hemos clasificado a 6 estudiantes cuyas producciones los sitúan en los estadios 2 o 1 de las ideas del MCE de energía y no incluyen dos o más de las ideas del MCE de energía. En la Figura 75 podemos observar que los estudiantes A9, A19 y A20 poseen dos características en común: en primer lugar en las explicaciones de los tres estudiantes no se encuentran aspectos de las ideas de conservación y degradación de la energía. Por otra parte, los tres estudiantes en sus explicaciones presentan modelos iniciales que enfatizan aspectos de la idea de naturaleza de la energía.

El estudiante A18, estando clasificado en este mismo estadio, tiene un comportamiento distinto a los estudiantes recién mencionados porque en sus explicaciones no se encuentran aspectos de la conservación y transferencia de la energía, pero sí la idea de naturaleza de la energía en un estadio sofisticado.

Finalmente los estudiantes A13 y A22 son los que en sus respuestas predominan aspectos mecánicos u otros aspectos no relacionados directamente con el MCE de energía objeto de aprendizaje, mostrando complejidades asociadas a la construcción del modelo en un momento inicial.

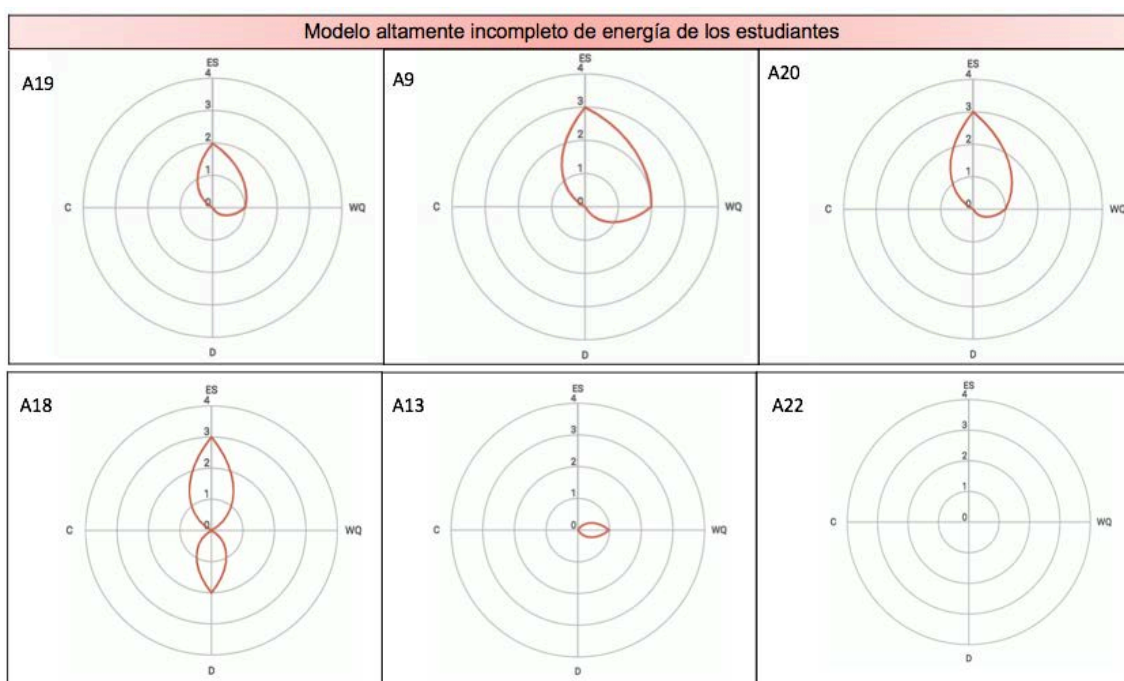


Figura 75. Tipo de modelo de energía de los estudiantes A9, A13, A18, A19, A20 y A22 en un momento inicial.

4.1.3.3. Grado de sofisticación y coherencia de las ideas del modelo de energía de los futuros profesores en un momento final

En contraste con los resultados encontrados en el análisis de un momento inicial, durante el análisis de un momento final un 77% de los estudiantes evidencian un grado alto de sofisticación y coherencia de sus ideas del modelo de energía respecto al MCE, mostrando un dominio de las ideas más sofisticadas del modelo. Este resultado en un momento final nos da evidencias de una construcción adecuada de las ideas del MCE que pretendíamos potenciar a través de la SEA y nos confirma que el diseño fue pertinente para cumplir con

el objetivo de que los estudiantes alcanzaran un grado alto de dominio alto de las ideas del MCE.

Con un grado alto de sofisticación y coherencia de las ideas del MCE de energía, hemos clasificado a 17 estudiantes (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A18 y A19). En la Figura 76 podemos observar que los estudiantes A4 y A10 son los que muestran un grado de dominio alto en todas las ideas del MCE, encontrándose todas las ideas en los estadios más sofisticados del MCE.

Las producciones de los estudiantes A1, A2 y A9 muestran un dominio alto de las ideas del MCE al encontrarse en el estadio ES4 de la idea de naturaleza de la energía, en el estadio WQ4 de la idea de transferencia de la energía, en el estadio D4 de la idea de degradación de la energía y en el estadio C3 de la idea de conservación de la energía.

Los estudiantes A3, A6 y A8 incluyen en sus producciones dos ideas encontradas en el estadio 4 y dos ideas en el estadio 3. En este caso, los estudiantes A3 y A6 tienen el mismo comportamiento incluyendo aspectos encontrados en los estadios ES4, WQ4, D3 y C3, mientras que el estudiante A8 evidencia aspectos encontrados en los estadios ES4, D4, WQ3 y C3 del MCE.

El estudiante A18 incluye aspectos del MCE encontrados en el estadio 3 (ES3, WQ3, D3, C3), mostrando una construcción simétrica de todas las ideas del modelo. Por otra parte, los estudiantes A13 y A15 incluyen aspectos en sus producciones encontrados en el estadio WQ4 de la idea de transferencia de la energía y en el estadio 3 del resto de las ideas (ES3, D3 y C3) del MCE. Mientras que el estudiante A11 muestra evidencia de una construcción del modelo similar pero dominando más la idea de naturaleza de la energía.

Los estudiantes A7, A12 y A19 tienen un dominio en los estadios más sofisticados de las ideas de naturaleza y transferencia de la energía, en un menor grado dominan la idea de degradación de la energía pero muestran complejidades en la construcción de la idea de conservación de la energía del MCE.

Esta deficiencia también fue encontrada en los estudiantes A5 y A14, quienes también dan evidencia de complejidades en la construcción de la idea de conservación de la energía del MCE. En el caso A14, sus producciones dan evidencia de un dominio de las ideas de naturaleza de la energía, transferencia de la energía y degradación de la energía al

encontrarse en los estadios más sofisticadas del MCE de energía. Mientras que el estudiante A5, de todos los estudiantes clasificados en un grado alto de dominio, es el que muestra más dificultad en construir las ideas del MCE de energía al encontrarse una graduación de sus ideas desde estadios sofisticados a estadios menos sofisticados WQ4, D3, ES2 y C1. Este estudiante presenta un mejor dominio en las ideas de transferencia y degradación de la energía.

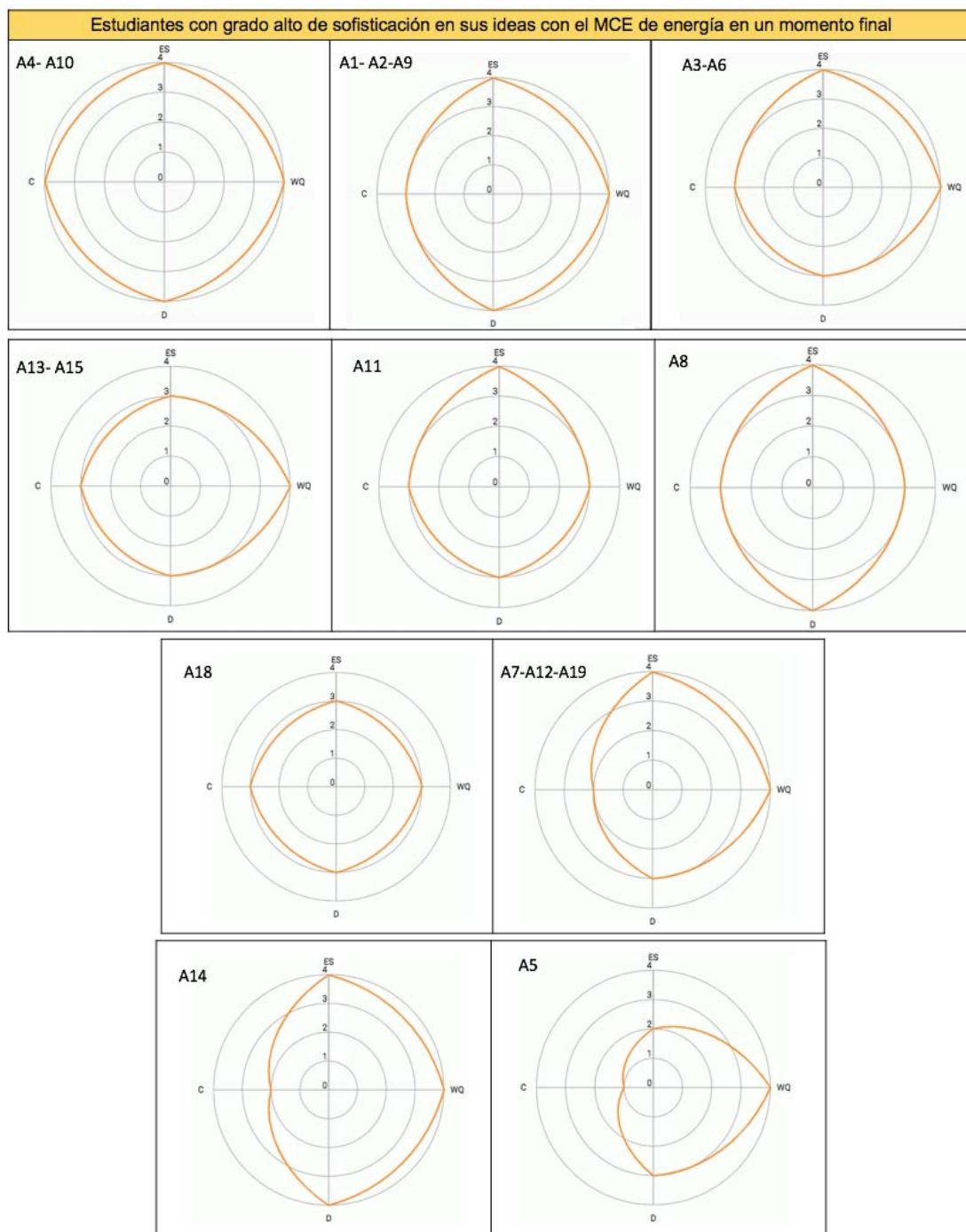
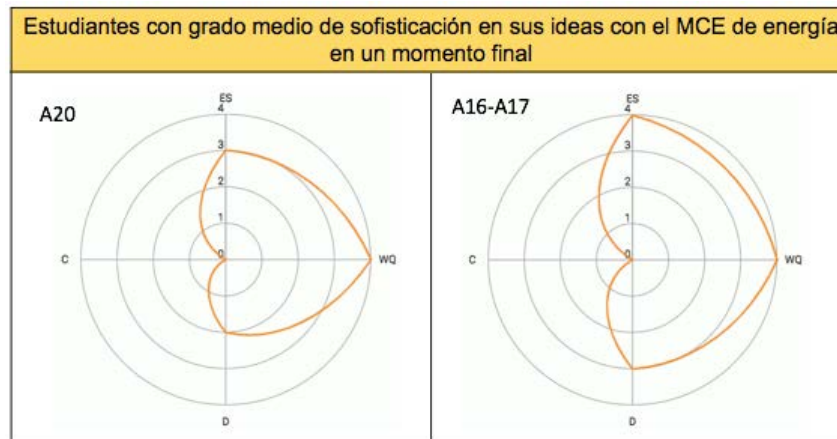


Figura 76. Grado de sofisticación de las ideas del modelo de energía de los estudiantes A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A18 y A19 en un momento final.

Con un grado de sofisticación y coherencia medio de las ideas del MCE de energía, hemos clasificado a 5 estudiantes, que tienen como aspecto común la falta de dominio en la comprensión de la idea de conservación de la energía del MCE. En la Figura 77 podemos observar que en las producciones de los estudiantes A16 y A17 se evidencia un dominio en los estadios más sofisticados de las ideas de naturaleza de la energía y transferencia de la energía, así como en un menor grado la idea de degradación de la energía se encuentra en el nivel 3. En este grupo los estudiantes A16 y A17 son los que muestran una mayor “calidad” en la sofisticación de sus ideas del MCE.

El estudiante A22 también da evidencia en sus producciones de un dominio de las ideas de naturaleza de la energía, transferencia de la energía y degradación de la energía al encontrarse estos aspectos en el estadio ES4, WQ3 y D3 respectivamente. El estudiante A20 presenta un comportamiento similar pero con un mejor dominio de la idea de transferencia de la energía, al encontrarse en sus producciones aspectos del estadio 4 y del estadio 3 en las ideas de naturaleza de la energía y degradación de la energía.

Finalmente, el estudiante A21 es el que muestra un menor dominio de las ideas del MCE dentro de este grupo al inferirse de sus producciones aspectos del estadio 3 en las ideas de naturaleza de la energía, transferencia de la energía y degradación de la energía.



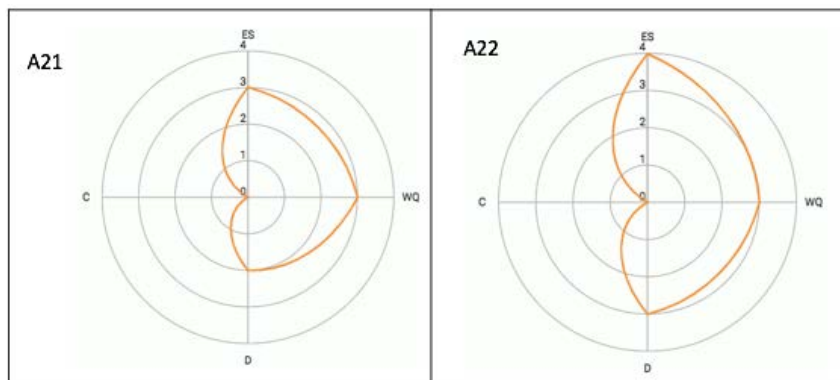


Figura 77. Grado de sofisticación de las ideas del modelo de energía de los estudiantes A16, A17, A20, A21 y A22 en un momento final.

En un momento final no se encuentran estudiantes con un grado básico ni bajo de sofisticación y coherencia de las ideas del MCE.

4.1.3.4. Tipos de modelo de energía de los futuros profesores de física y matemática en un momento final

En un momento final, a partir del análisis de las producciones de los estudiantes, hemos encontrado dos tipos de modelo de energía: modelo equilibrado y modelo que obvia la conservación de la energía. En este momento, en todas las producciones de los estudiantes se encuentran aspectos de la idea de degradación de la energía, que en un momento inicial no fue mencionada en las producciones de algunos estudiantes. Así como tampoco hemos encontrado estudiantes con un modelo altamente incompleto como había ocurrido en un momento inicial. Este resultado es muy positivo pues nos refleja que en la mayoría de las producciones de los estudiantes se encuentran al menos tres ideas del MCE.

En el tipo de modelo equilibrado hemos clasificado a 17 estudiantes que en sus producciones muestran un dominio de todas las ideas del modelo energético en el mismo estadio o en estadios similares. En la Figura 78 podemos observar que los estudiantes A4 y A10 son el mejor ejemplo de esta categoría al evidenciar en sus producciones un dominio de todas las ideas del MCE de energía en los estadios más sofisticados, mostrando una forma más regular y redondeada. Del mismo modo el estudiante A18 es un buen ejemplo de un modelo equilibrado, pero a diferencia de los estudiantes recién mencionados, este estudiante muestra un dominio de todas las ideas del MCE en el estadio 3, levemente inferior a los estudiantes A4 y A10.

Los estudiantes A1, A2 y A9 también muestran una forma equilibrada y redondeada en su modelo de energía, pero en sus producciones se evidencia una menor sofisticación en la idea de conservación de la energía, reconociéndola pero sin considerar la “pérdida de energía de un sistema” y la “ganancia de otro” (estadio C3). De manera similar el estudiante A14 evidencia dominio de las ideas de naturaleza de la energía, transferencia de la energía y degradación de la energía y complejidades en la construcción de la idea de conservación de la energía al inferirse en sus producciones ideas en el estadio C2.

En las producciones de los estudiantes A3 y A6 se evidencia una menor sofisticación en la idea de conservación de la energía y en la de degradación de la energía al encontrarse aspectos en los estadios C3 y D3 respectivamente y un mayor dominio de las ideas de naturaleza de la energía y transferencia de la energía, al encontrarse en el estadio con nivel 4. De manera similar en las producciones de los estudiantes A7, A12 y A19 se evidencia un grado de dominio similar al de los estudiantes recién mencionados, pero con una menor sofisticación en sus ideas de conservación de la energía, al encontrarse aspectos en el estadio C2.

En las producciones del estudiante A8 se infieren dos ideas más sofisticadas del MCE de energía, en este caso las de naturaleza de la energía y degradación de la energía y el resto de ideas en el nivel del estadio 3. Los estudiantes A13 y A15 en sus producciones dan evidencia de un dominio de todas las ideas pero se encuentra un dominio mayor en la idea de transferencia de la energía que fue encontrada en el estadio 4. De forma similar el estudiante A11 tiene un mayor dominio en la idea de naturaleza de la energía al encontrarse en sus producciones ideas en el estadio 4.

Finalmente el modelo del estudiante A5 es el que visualmente es menos “equilibrado” considerando que de sus producciones se infieren ideas que se encuentran en el estadio 2 y en el estadio 1. Si bien estamos de acuerdo que este estudiante es el menos equilibrado respecto a sus pares, lo hemos considerado en esta clasificación por el hecho de que muestra un cierto dominio en todas las ideas del modelo.

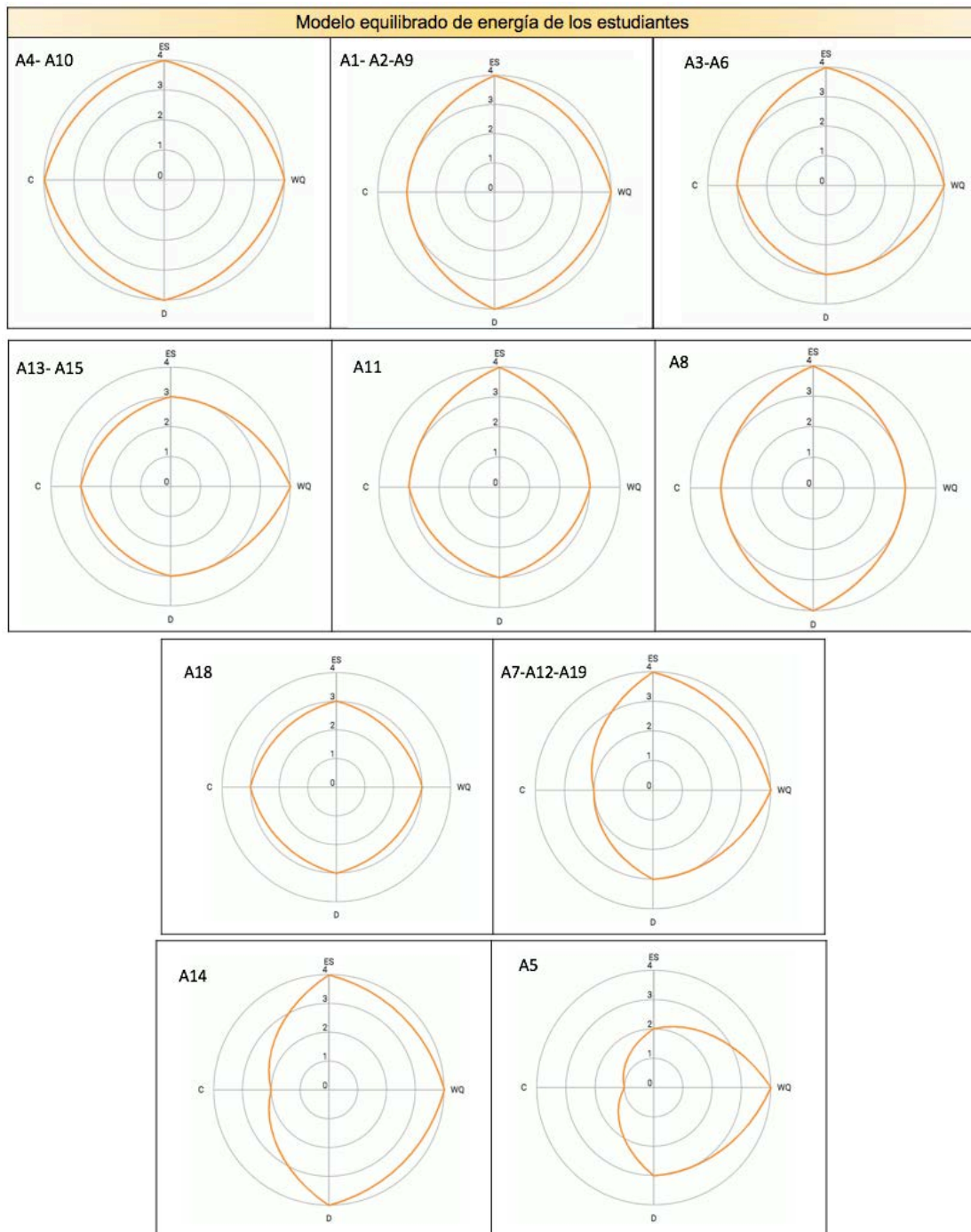


Figura 78. Tipo de modelo de energía de los estudiantes A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A18 y A19 en un momento final.

En el tipo de modelo que obvia la conservación de la energía hemos clasificado a 5 estudiantes que mencionan 3 ideas del modelo pero omiten la idea mencionada. En la Figura 79 podemos observar que los estudiantes A16 y A17 dan explicaciones en las que se infiere que dos ideas están en los estadios 4 y la restante en el estadio 3. En este caso

las ideas más dominadas del MCE de energía son la de naturaleza de la energía y transferencia de la energía.

Dentro de esta clasificación el estudiante A22 también muestra un dominio de tres ideas del MCE al inferirse de sus producciones aspectos de la idea de naturaleza de la energía en el estadio 4 y de las ideas de transferencia y de degradación de la energía en el estadio 3. De manera similar el estudiante A20 también refleja un dominio de las tres ideas pero con aspectos más sofisticados en torno a la transferencia de la energía.

De esta clasificación de modelo incompleto que obvia la idea de conservación de la energía el estudiante A21 da evidencias de una construcción equilibrada de las otras tres ideas del MCE al inferirse de sus producciones ideas en el estadio 3.

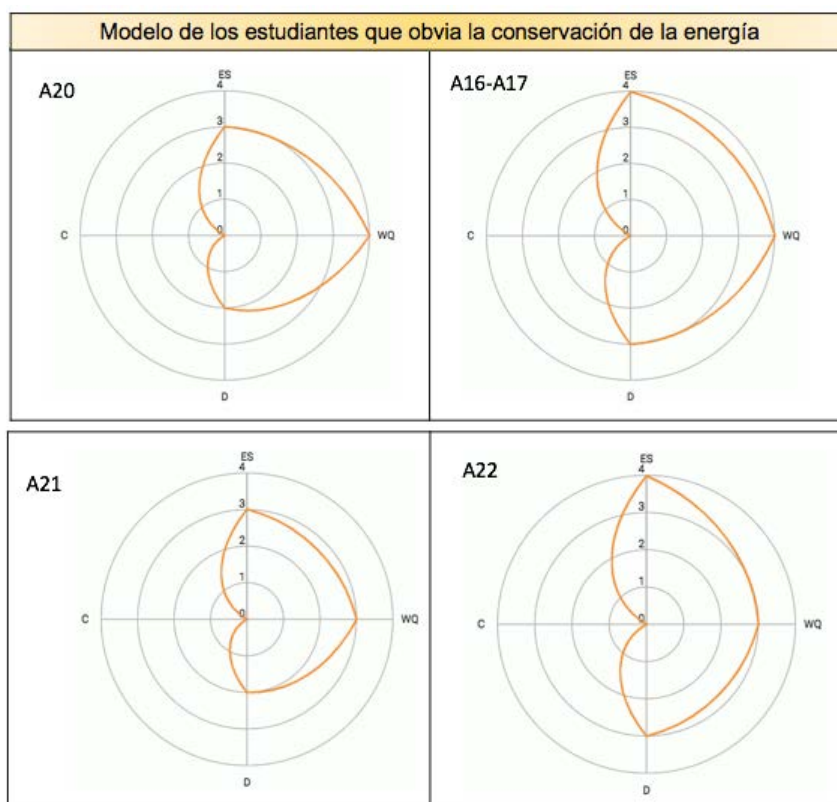


Figura 79. Tipo de modelo de energía de los estudiantes A16, A17, A20, A21 y A22 en un momento final.

En el momento final los estudiantes que hemos clasificado en un grado alto de dominio de las ideas del MCE de energía, respecto a la sofisticación y coherencia de sus ideas del modelo de energía respecto al MCE, corresponden con los mismos estudiantes clasificados en un tipo de modelo equilibrado. Este resultado de evidencia de que un 77%

de los estudiantes al finalizar la SEA dan evidencia en sus producciones de un modelo energético coherente con el MCE y de un tipo redondeado (equilibrado).

Del mismo modo, los estudiantes que hemos clasificado en el momento final con un grado de dominio medio en torno a la sofisticación y coherencia de sus ideas de energía respecto al MCE corresponden a los mismos estudiantes clasificados con un modelo incompleto que obvia la idea de conservación de la energía. Este resultado refleja que los estudiantes con un dominio medio del MCE dan evidencia de una construcción adecuada respecto a tres de las ideas del modelo, a excepción de la idea de conservación de la energía que no es construida y que se manifiesta en un tipo de modelo con una forma similar en todos los estudiantes.

Al finalizar la SEA los estudiantes han superado el obstáculo del momento inicial de tener asociados modelos incompletos que obvian la degradación de la energía, pero se mantiene en un 23% de los estudiantes la complejidad en la construcción de la idea de conservación de la energía (obviada en sus modelos).

4.1.4. Comparación entre los niveles de dominio del MCE de energía de los futuros profesores en un momento inicial y final

Conociendo los niveles de dominio respecto del grado de sofisticación y coherencia del modelo de energía de los futuros profesores con el MCE de energía objeto de aprendizaje y el tipo de modelo que construyen, es decir, que aspectos del modelo incluyen o no en sus producciones en un momento inicial y final, procedemos a presentar una comparativa entre ambos momentos para conocer el cambio que experimentó cada estudiante en torno a estos aspectos.

Iremos mostrando los resultados de la comparación entre los niveles de dominio respecto del grado de sofisticación y coherencia del modelo de energía de los futuros profesores con el MCE de energía en un momento inicial y final, en paralelo con la comparación entre los tipos de modelos que construyen los futuros profesores en un momento inicial y final, alumno por alumno.

En un momento inicial hemos identificado que ninguno de los estudiantes evidencia un grado alto de sofisticación y coherencia de las ideas del modelo respecto con el MCE de energía, considerando que sus explicaciones no se encuentran los estadios más

sofisticados de las ideas del modelo de energía. En este momento un 14% de los estudiantes muestra un dominio medio de las ideas del MCE, un 50% muestra un dominio básico y un 36% un dominio bajo de estas. Sin embargo, esta situación es distinta al finalizar la SEA, donde en un momento final, un 77% de los estudiantes evidencian un grado alto de sofisticación y coherencia de sus ideas del modelo de energía respecto al MCE, mostrando un dominio de las ideas más sofisticadas del modelo y un 23% de los estudiantes muestra un dominio medio de las ideas del MCE. Este resultado nos da evidencia del impacto de la implementación de la SEA en la construcción de ideas en torno a la energía cada vez más sofisticadas y coherentes con el MCE.

Por otra parte, en un momento inicial un 23% de los estudiantes da evidencias en sus producciones de un modelo de energía equilibrado, un 50% da evidencias de un modelo incompleto (un 36% obvia la conservación de la energía y un 14% obvia la degradación de la energía) y un 27% de un modelo altamente incompleto. Esta situación cambia rotundamente al finalizar la SEA donde un 77% de los estudiantes muestra un modelo equilibrado y un 23% un modelo incompleto que obvia la conservación de la energía. Estos resultados nos dan evidencia de que los estudiantes que en un momento inicial obviaban la degradación de la energía, al finalizar la SEA logran construir esta idea y que el número de estudiantes que no construyó la idea de conservación de la energía disminuyó al finalizar la SEA, a pesar de que es la única idea que presenta mayores complejidades en su construcción.

Para un análisis detallado de estudiante a estudiante, comenzaremos presentando una comparativa a partir del grupo de dominio alto y equilibrado en un momento final (estudiantes A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A18 y A19), mostrando cuál fue el cambio que experimentó cada uno de ellos desde un momento inicial a un momento final.

Los estudiantes A4 y A10 mostraron evidencia en sus producciones en un momento inicial de un grado de sofisticación básico y bajo de las ideas del MCE respectivamente. Así como se evidencia un modelo equilibrado e incompleto que obvia la conservación de la energía respectivamente. Respecto al nivel de dominio final del MCE, ambos estudiantes dan evidencia en sus producciones de un grado de sofisticación alto de las ideas del MCE las encontrarse las cuatro ideas en el estadio más sofisticado (ES4, WQ4, D4 y C4). Del mismo modo, ambos muestran un modelo final equilibrado, donde el estudiante A4 mantiene el mismo tipo de modelo en un momento inicial y final.

En concreto el estudiante A4 experimentó una evolución de dos estadios en cada una de las ideas del modelo desde el momento inicial al final, mientras que el estudiante A10 experimentó una evolución de dos estadios respecto a la idea de naturaleza de la energía, transferencia de la energía y degradación de la energía y una evolución de cuatro estadios en la idea de conservación de la energía.

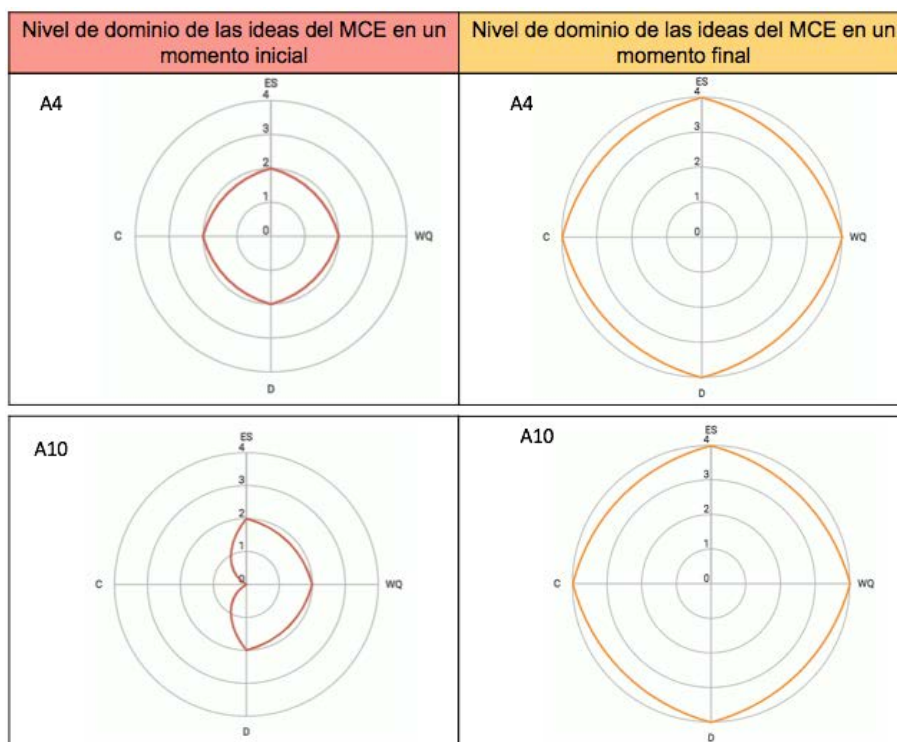


Figura 80. Contraste entre el nivel de dominio de las ideas del MCE en un momento inicial y final de los estudiantes A4 y A10.

Los estudiantes A1 y A2 mostraron evidencia en sus producciones en un momento inicial de un grado de sofisticación básico de las ideas del MCE, mientras que A9 de un grado de sofisticación bajo de las ideas del MCE. Por otra parte, se evidencia un modelo incompleto que obvia la degradación de la energía en el estudiante A1, un modelo incompleto que obvia la conservación de la energía en el estudiante A2 y un modelo altamente incompleto del estudiante A9 que obvia las ideas de conservación y degradación de la energía.

Respecto al nivel de dominio final del MCE, los tres estudiantes dan evidencias en sus producciones de un grado alto de sofisticación de las ideas del MCE al encontrarse las ideas de naturaleza de la energía, transferencia de la energía y degradación de la energía en el estadio 4 y la idea de conservación de la energía en el estadio 3. Del mismo modo, los tres

estudiantes presentan un modelo equilibrado, observándose que los tres estudiantes construyen las ideas que en un momento inicial se obviaban en sus modelos.

En concreto el estudiante A1 experimentó una evolución de un estadio en la idea de naturaleza y conservación de la energía, de dos estadios en la idea de transferencia de la energía y de cuatro estadios en la idea de degradación de la energía. El estudiante A2 experimentó una evolución de un estadio en la idea de naturaleza de la energía, de dos estadios en la idea de transferencia y degradación de la energía y de tres estadios en la idea de conservación de la energía. Finalmente, el estudiante A9 experimentó una evolución de un estadio en la idea de naturaleza de la energía, de dos estadios en la idea de transferencia de la energía, de tres estadios en la idea de conservación de la energía y de cuatro estadios en la idea de degradación de la energía.

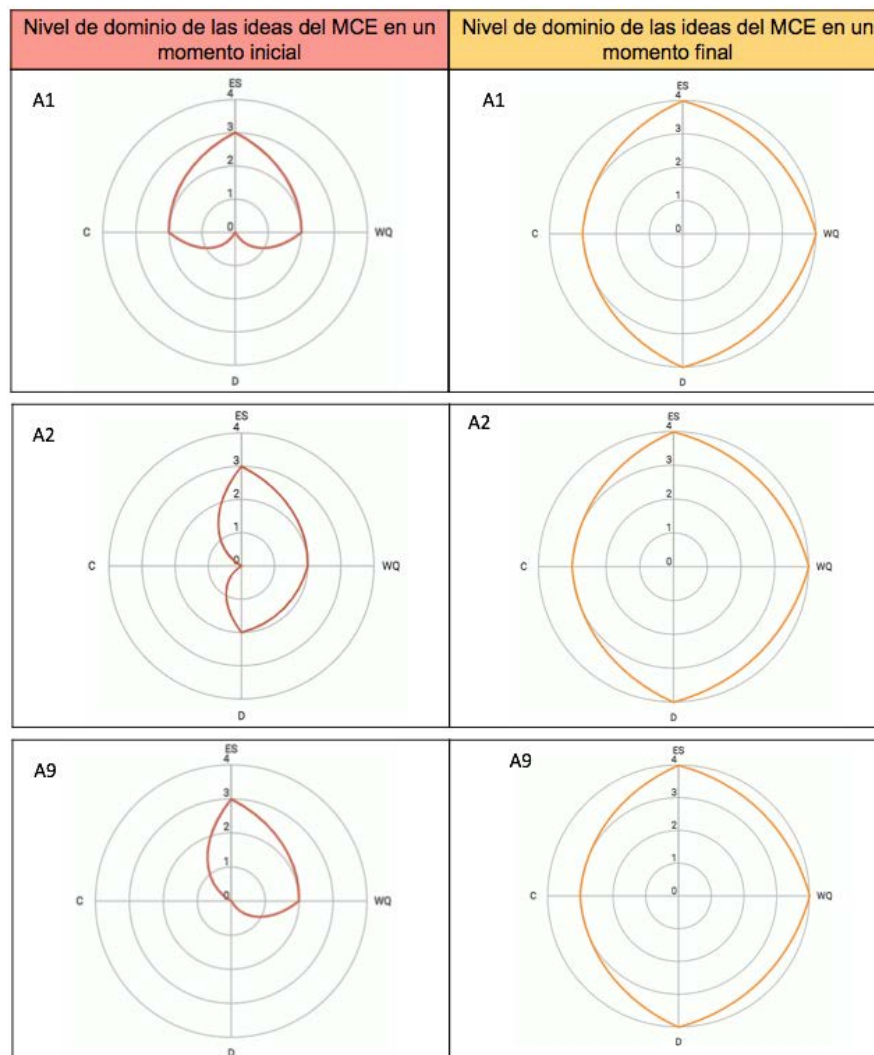


Figura 81. Contraste entre el nivel de dominio de las ideas del MCE en un momento inicial y final de los estudiantes A1, A2 y A9.

Los estudiantes A3 y A6 mostraron evidencia en sus producciones en un momento inicial de un grado de sofisticación básico de las ideas del MCE. Por otra parte, se evidencia en ambos estudiantes un modelo incompleto que obvia la conservación de la energía. El dominio de las ideas del MCE de energía del estudiante A3 es levemente superior que el del estudiante A6, al encontrarse en sus producciones aspectos en torno a la transferencia de a energía en un nivel superior.

Respecto al nivel de dominio final del MCE, los dos estudiantes evidencian un grado de sofisticación alto de las ideas del MCE al encontrarse en sus producciones aspectos en torno a las ideas de naturaleza y transferencia de la energía en el estadio 4 y las ideas de conservación y degradación de la energía en el estadio 3. Ambos estudiantes presentan un modelo equilibrado, observándose que construyen la idea de conservación de la energía que en un momento inicial obviaban.

En concreto el estudiante A3 evoluciona en un estadio en la idea de naturaleza y degradación de la energía, en dos estadios en la idea de transferencia de la energía y en tres estadios en la idea de conservación de la energía. Mientras que el estudiante A6 evoluciona en un estadio en la idea de naturaleza y degradación de la energía y en tres estadios en las ideas de transferencia y conservación de la energía.

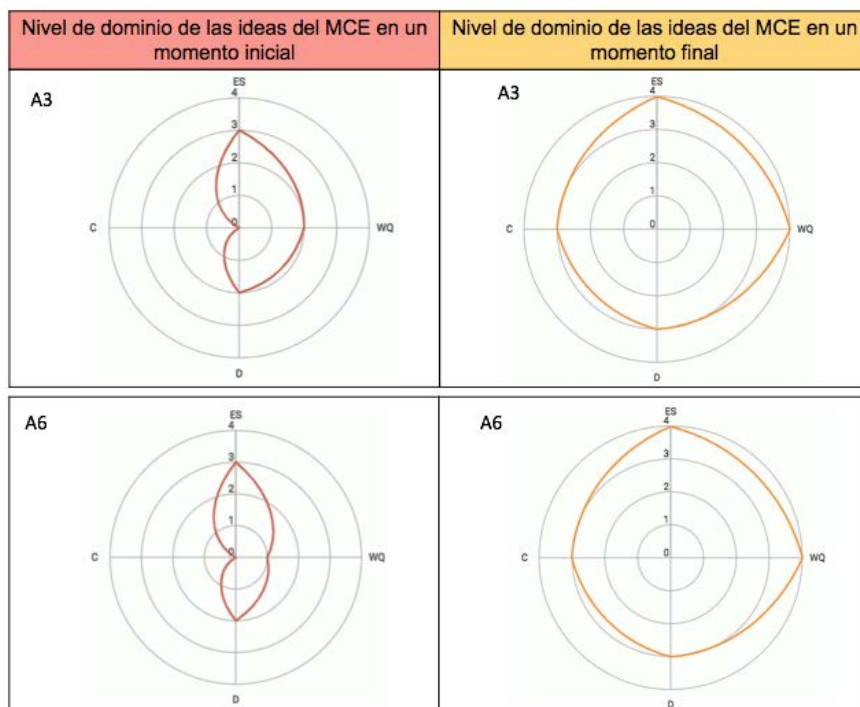
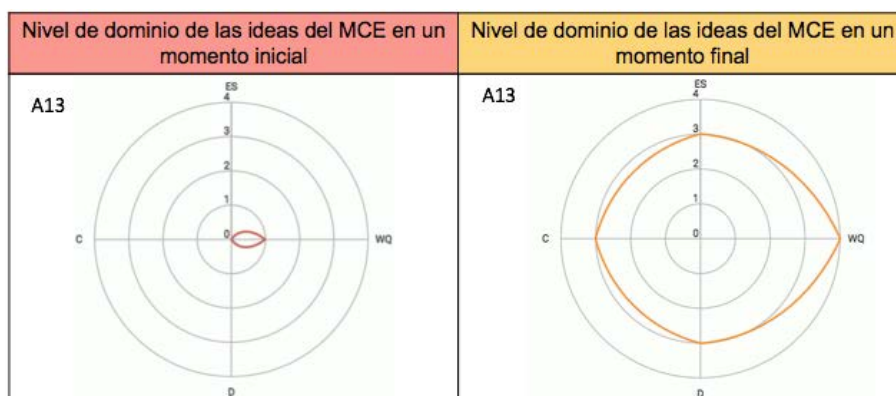


Figura 82. Contraste del nivel de dominio de las ideas del MCE en un momento inicial y final de los estudiantes A3 y A6.

Los estudiantes A13, A15 y A11 mostraron evidencia en sus producciones en un momento inicial de un grado de sofisticación bajo, básico y medio respectivamente de las ideas del MCE. Por otra parte, se evidencia en el estudiante A13 un modelo altamente incompleto al prácticamente no encontrarse aspectos, en sus producciones, de ninguna idea del modelo. En el estudiante A15 se evidencia un modelo incompleto que obvia la conservación de la energía y en el estudiante A11 un modelo equilibrado con un leve énfasis en sus producciones en la idea de naturaleza de la energía.

Respecto al nivel de dominio final del MCE, los tres muestran un grado de sofisticación alto al encontrarse en sus producciones aspectos de todas las ideas en los estadios 3 o 4. Los estudiantes A13 y A15 muestran un dominio de la idea de transferencia de la energía en su estadio más sofisticado y un dominio del resto de las ideas en el estadio 3. Por otra parte, el estudiante A11 muestra un dominio de la idea de naturaleza de la energía en su estadio más sofisticado y del resto de las ideas en el estadio 3. Al finalizar la SEA los tres estudiantes muestran un modelo equilibrado al inferirse de sus producciones todas sus ideas en estadios sofisticados (con una forma redondeada) y el estudiante A11 es el único de estos tres estudiantes que mantiene el mismo tipo de modelo en un momento inicial y final.

En concreto el estudiante A13 experimenta una evolución de tres estadios en todas las ideas del MCE. El estudiante A15 se mantiene en el mismo estadio en la idea de naturaleza de la energía, evoluciona un estadio en la idea de degradación de la energía, dos estadios en la idea de transferencia de la energía y tres estadios en la idea de conservación de la energía. Finalmente, el estudiante A11 evoluciona en un estadio cada una de las ideas del MCE de energía.



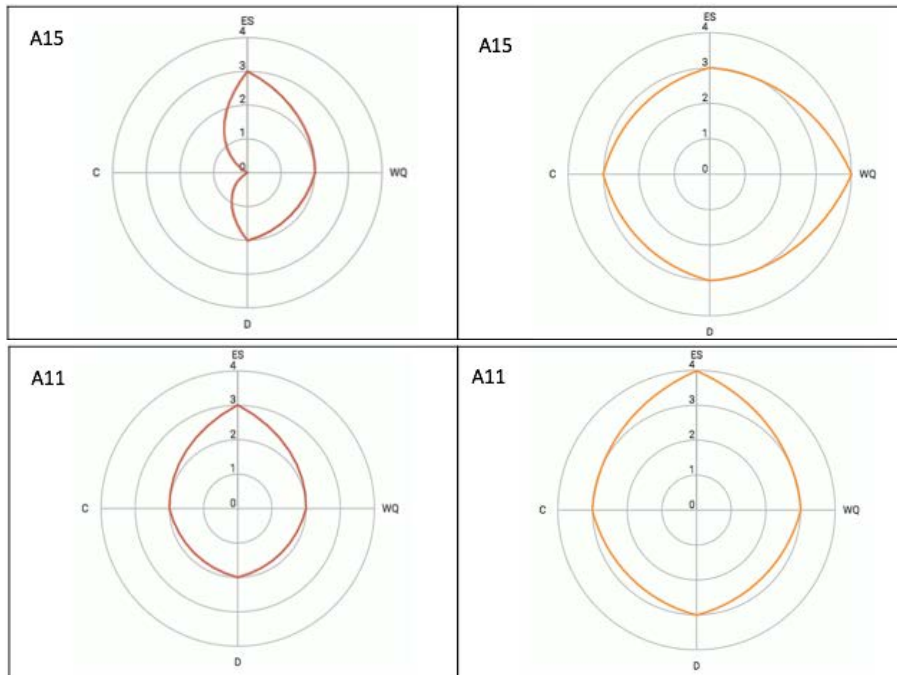


Figura 83. Contraste del nivel de dominio de las ideas del MCE en un momento inicial y final de los estudiantes A11, A13 y A15.

Los estudiantes A8 y A18 mostraron evidencia en sus producciones en un momento inicial de un grado de sofisticación básico y bajo respectivamente de las ideas del MCE, pero, a pesar de este dominio bajo, de las producciones de ambos estudiantes se infiere un mayor dominio de la idea de naturaleza de la energía. Por otra parte, se evidencia en el estudiante A8 un modelo incompleto que obvia la degradación de la energía (y también con un bajo nivel en la idea de conservación de la energía) y en el estudiante A18 un modelo altamente incompleto que obvia las ideas de conservación y transferencia de la energía.

Respecto al nivel de dominio final del MCE, los dos muestran un grado alto de sofisticación en las ideas del MCE. En el caso del estudiante A8 al mostrar evidencia de dos de las ideas del modelo en el estadio 4 y las otras dos en el estadio 3, mientras que el estudiante A18 muestra evidencia de todos los aspectos encontrados en el estadio 3. Por otra parte, ambos estudiantes muestran un modelo equilibrado. El estudiante A8 con un leve énfasis en las ideas de naturaleza y degradación de la energía y el estudiante A18 con un dominio de todas las ideas en un mismo nivel.

Finalmente, podemos mencionar que el estudiante A8 evoluciona mostrando ascensos en un estadio en las ideas de naturaleza y transferencia de la energía, de dos estadios en la idea de conservación de la energía y en cuatro estadios en la idea de degradación de la

energía. Mientras que el estudiante A18 da evidencias de un mismo dominio en la idea de naturaleza de la energía, evoluciona con ascensos de un estadio en la idea de degradación de la energía y con ascensos de tres estadios en las ideas de transferencia y conservación de la energía.

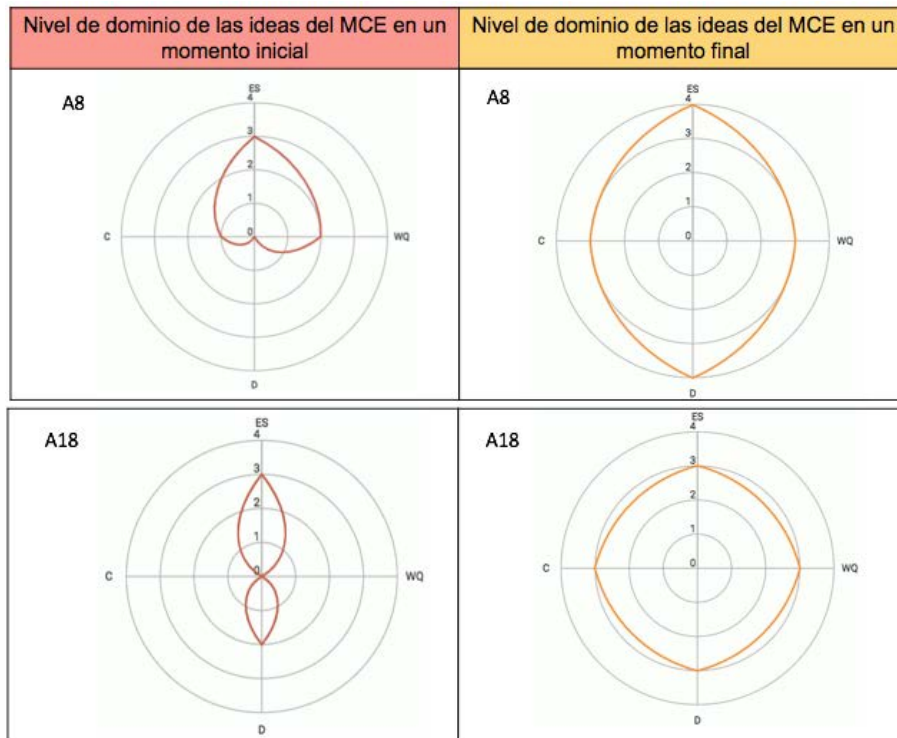


Figura 84. Contraste del nivel de dominio de las ideas del MCE en un momento inicial y final de los estudiantes A8 y A18.

Los estudiantes A7, A12 y A19 mostraron evidencia en sus producciones en un momento inicial de un grado de sofisticación medio, básico y bajo respectivamente de las ideas del MCE. En el caso del estudiante A7 con un mejor dominio de la idea de naturaleza de la energía y el estudiante A12, siendo el único de toda la muestra, con un mejor dominio inicial en la idea de conservación de la energía. El estudiante A19 da evidencia en sus producciones de tener complejidades asociadas a la construcción de todas las ideas del MCE. Por otra parte, se evidencia en el estudiante A7 un modelo equilibrado (aunque es el menos equilibrado de los estudiantes clasificados en ese grupo), en el estudiante A12 un modelo incompleto que obvia la degradación de la energía y en el estudiante A19 un modelo altamente incompleto que obvia las ideas de conservación y transferencia de la energía.

Respecto al nivel de dominio final del MCE, los tres estudiantes muestran un grado alto de sofisticación en las ideas del MCE, al encontrarse en sus producciones aspectos de la naturaleza de la energía y la transferencia de la energía en el estadio 4 y aspectos en torno a la degradación de la energía en el estadio 3. Sin embargo, los tres estudiantes dan evidencia de complejidades en los aspectos relacionados con la conservación de la energía que se encuentran en el estadio 2. Respecto al tipo de modelo, los tres estudiantes dan evidencias en sus producciones de un nivel equilibrado por encontrarse tres ideas en los estadios 3 o 4.

En concreto el estudiante A7 experimenta una evolución de un estadio en la idea de naturaleza de la energía, degradación y conservación de la energía y de tres estadios en la idea de transferencia de la energía. El estudiante A12 experimenta una evolución de dos estadios en las ideas de naturaleza y transferencia de la energía, de tres estadios en la idea de degradación de la energía, pero evidencia un retroceso de un estadio en la idea de conservación de la energía. Finalmente el estudiante A19 experimenta una evolución de dos estadios en las ideas de naturaleza de la energía, de tres estadios las ideas de transferencia y degradación de la energía y de dos estadios en la idea de conservación de la energía.

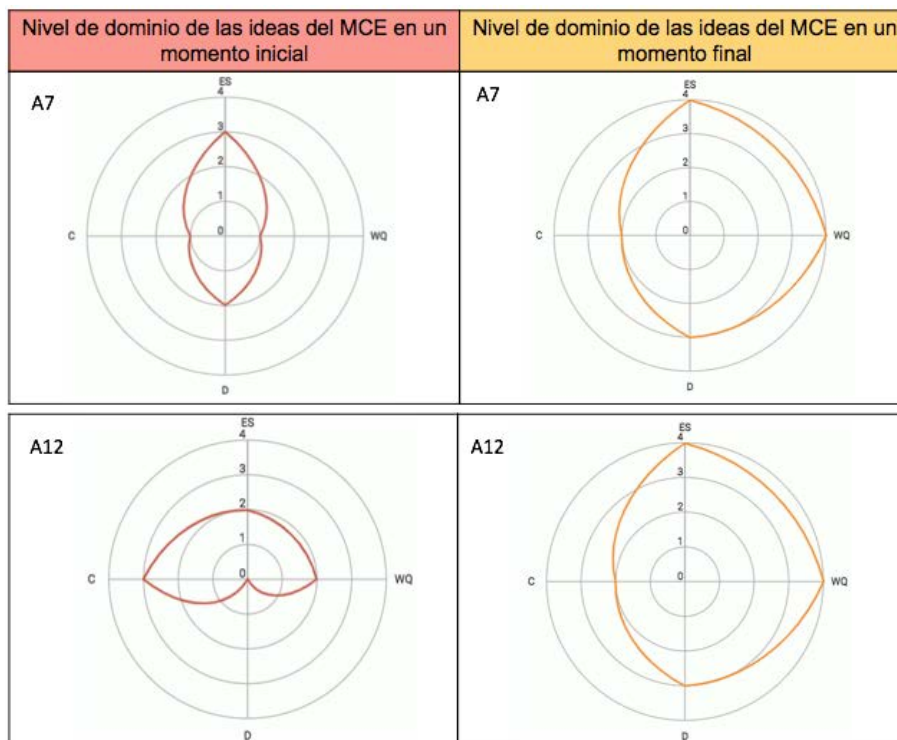




Figura 85. Contraste del nivel de dominio de las ideas del MCE en un momento inicial y final de los estudiantes A7, A12 y A19.

Los estudiantes A5 y A14 mostraron evidencia en sus producciones en un momento inicial de un grado de sofisticación medio y básico respectivamente de las ideas del MCE. En el caso del estudiante A5 se infieren complejidades asociadas a la construcción de toda las ideas del MCE, mientras que el estudiante A14 da evidencia de un mayor dominio respecto a la idea de naturaleza de la energía del MCE. Por otra parte, en ambos estudiantes se evidencia un modelo equilibrado, siendo el del estudiante A14 de mayor calidad que el del estudiante A5.

Respecto al nivel de dominio final del MCE de energía, el estudiante A5 da evidencia en sus producciones de un nivel de dominio alto al encontrarse aspectos en torno a la transferencia de la energía y la degradación de la energía en los estadios 4 y 3 respectivamente, aunque en su dominio se observan dificultades en la construcción de las ideas de naturaleza de la energía y conservación de la energía. Del mismo modo el estudiante A14 presenta un nivel de dominio alto, observándose sobre todo dominio en los aspectos de la naturaleza de la energía, transferencia de la energía y degradación de la energía y complejidades asociadas a la construcción de la idea de conservación de la energía. Al finalizar la SEA ambos estudiantes muestran un modelo equilibrado, aunque el del estudiante A5 presenta aspectos inadecuados que no permiten ver el carácter redondeado del modelo.

En concreto el estudiante A5 experimenta una evolución de un estadio en la idea de naturaleza y degradación de la energía, de tres estadios en la idea de transferencia de la energía y retrocede un estadio en la idea de conservación de la energía. Por otra parte, el estudiante A14 evoluciona en un estadio sus ideas sobre naturaleza y conservación de la energía y en dos estadios las de transferencia y degradación de la energía.

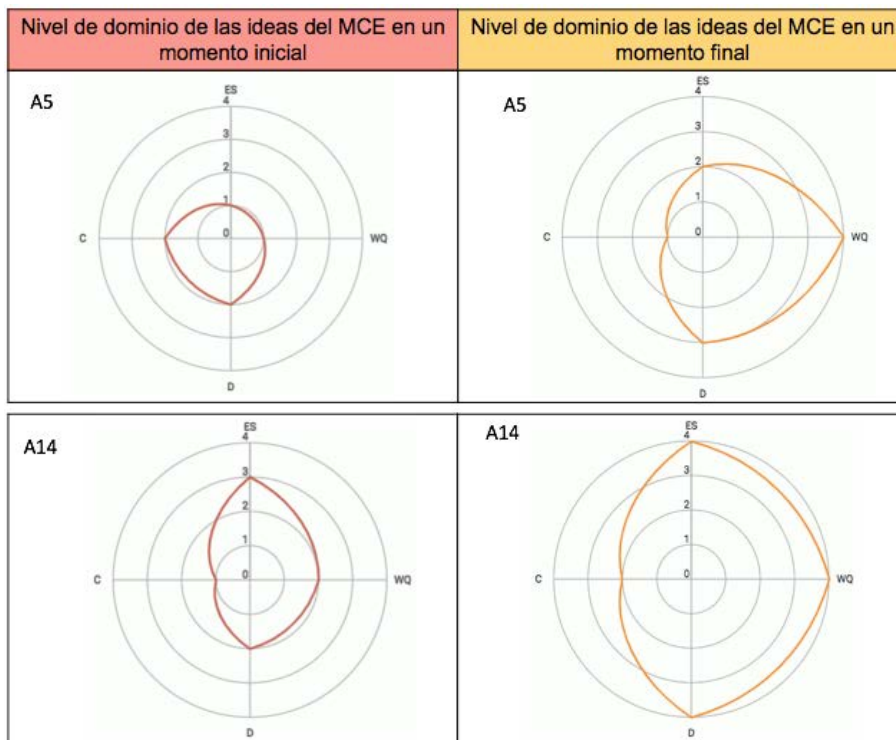


Figura 86. Contraste del nivel de dominio de las ideas del MCE en un momento inicial y final del estudiante A5 y A14.

Una vez contrastados todos los estudiantes que en un momento final presentaron un grado de dominio alto respecto al MCE y un modelo equilibrado de la energía, procedemos a contrastar a los estudiantes A16, A17, A20, A21 y A22 quienes en un momento final presentan un grado medio de dominio del MCE y un modelo incompleto que obvia la conservación de la energía.

Los estudiantes A16 y A17 mostraron evidencia en sus producciones en un momento inicial de un grado de sofisticación bajo y básico respectivamente de las ideas del MCE. En el caso del estudiante A16 da evidencia de complejidades asociadas a la construcción de toda las ideas del MCE, mientras que el estudiante A17 da evidencia de un mayor dominio respecto a la idea de naturaleza de la energía del MCE. Por otra parte, en ambos estudiantes se evidencia un modelo incompleto que obvia la conservación de la energía.

Respecto al nivel de dominio final del MCE de energía, los estudiantes A16 y A17 muestran un grado de dominio medio al encontrarse en sus producciones aspectos en torno a la naturaleza de la energía y la transferencia de la energía en el estadio 4 y la idea de degradación de la energía en el estadio 3. También, ambos estudiantes presentan un modelo incompleto que obvia la conservación de la energía. Este resultado refleja que

ambos estudiantes no pudieron superar esta dificultad desde un momento inicial al final, mostrando un mismo tipo de modelo, aunque con sofisticaciones significativas en el resto de las ideas del MCE.

En concreto el estudiante A16 evoluciona ascendiendo en un estadio la idea de degradación de la energía y en dos estadios las ideas de naturaleza de la energía y transferencia de la energía. Mientras que el estudiante A17 evoluciona un estadio en la idea de naturaleza de la energía y degradación de la energía y en tres estadios en la idea de transferencia de la energía.

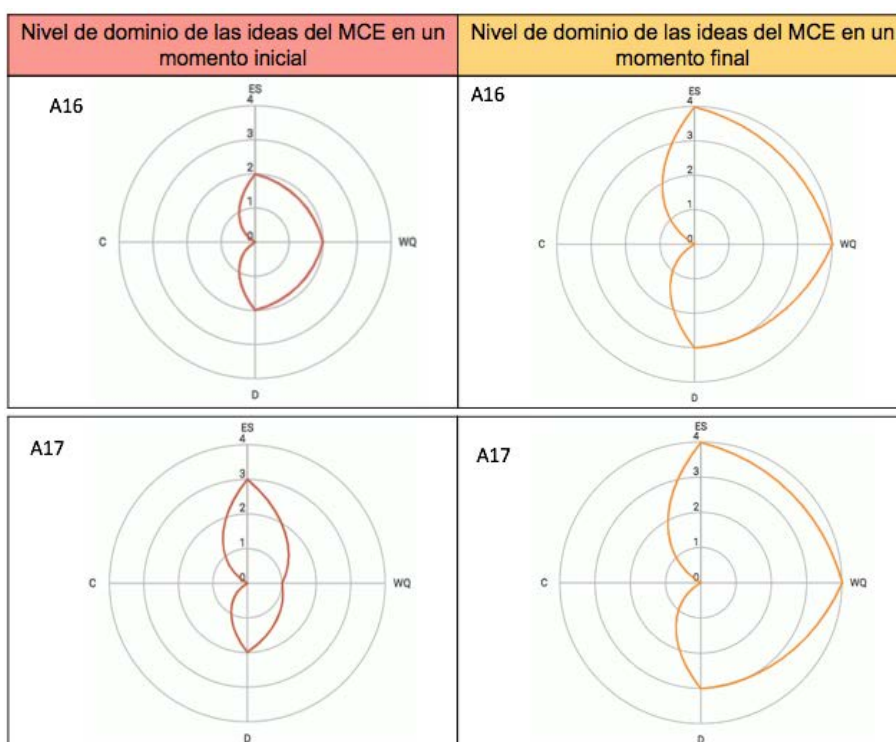
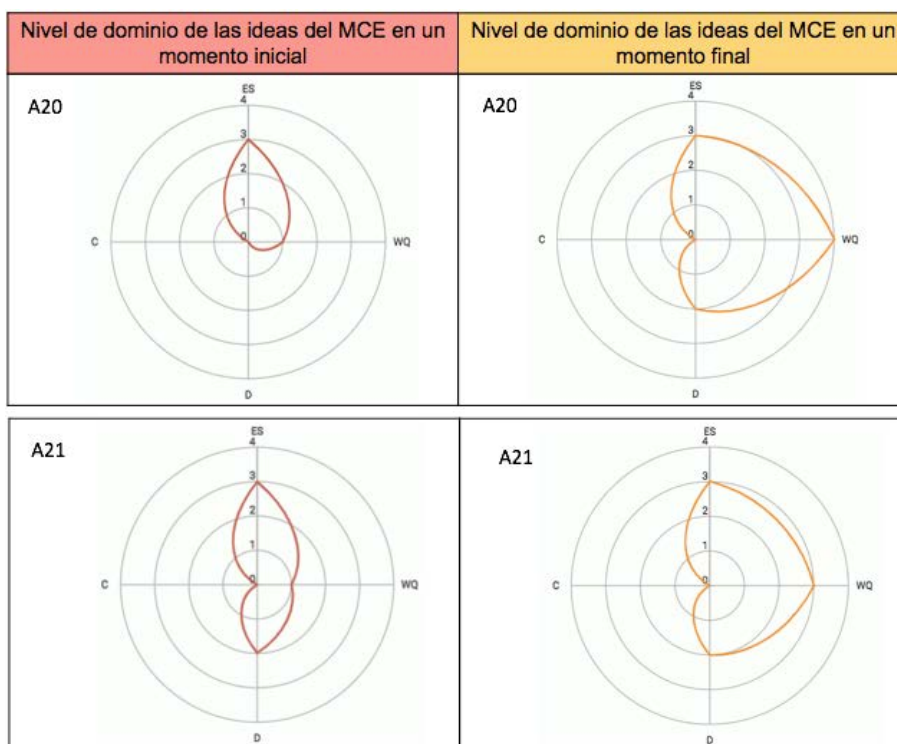


Figura 87. Contraste del nivel de dominio de las ideas del MCE en un momento inicial y final de los estudiantes A16 y A17.

Finalmente, los estudiantes A20, A21 y A22 mostraron evidencia en sus producciones en un momento inicial de un grado de sofisticación bajo, básico y bajo (nulo al no encontrarse aspectos relacionados con el MCE) respectivamente de las ideas del MCE. De estos estudiantes solo en A20 y A21 se encuentra un dominio en torno a los aspectos de la naturaleza de la energía, en el resto de las ideas los tres estudiantes presentan complejidades en su construcción. Por otra parte, el estudiante A21 presenta un modelo incompleto que obvia la conservación de la energía y los estudiantes A20 y A22 un modelo altamente incompleto.

Respecto al nivel de dominio final del MCE de energía, el estudiante A20 da evidencias en sus producciones de un dominio en las ideas de transferencia de la energía al encontrarse aspectos en el estadio 4 y de las ideas de naturaleza de la energía y conservación de la energía al encontrarse aspectos en el estadio 3. El estudiante A21 mantiene la misma sofisticación sobre la idea de naturaleza de la energía y degradación de la energía y solo da evidencias de un mayor dominio en aspectos de la transferencia de la energía. Mientras que el estudiante A22 experimenta una drástica evolución al encontrarse en sus producciones evidencia de un dominio de la idea de naturaleza de la energía en el estadio 4 y de las ideas de transferencia y degradación de la energía en el estadio 3. Al finalizar la SEA los tres estudiantes muestran un modelo incompleto que obvia la conservación de la energía, por lo tanto, A21 muestra un mismo modelo en ambos momentos y los estudiantes A20 y A22 pasan de un modelo altamente incompleto a uno incompleto que solo obvia la idea de conservación de la energía.

En concreto el estudiante A20 evoluciona dos estadios en la idea de degradación de la energía y tres estadios en la idea de transferencia de la energía. El estudiante A21 evoluciona en dos estadios en la idea de transferencia de la energía y el estudiante A22 experimenta una evolución de tres estadios en las ideas de degradación y de transferencia de la energía y de cuatro estadios en la idea de naturaleza de la energía.



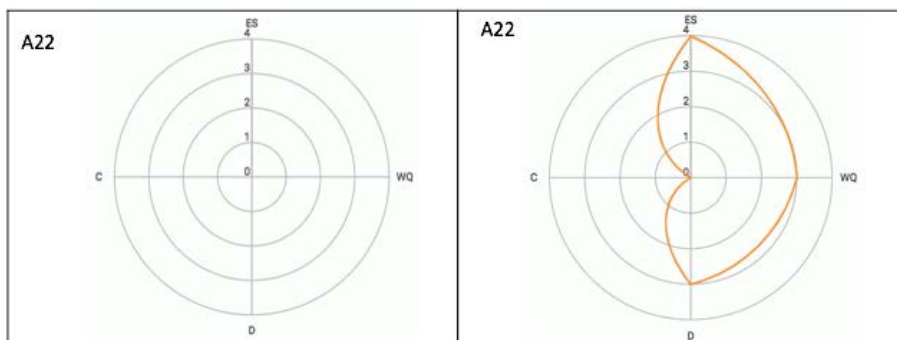


Figura 88. Contraste del nivel de dominio de las ideas del MCE en un momento inicial y final de los estudiantes A20, A21 y A22.

4.1.4.1. Análisis de la comparación entre los niveles de dominio del MCE de energía de los futuros profesores en un momento inicial y final

Hemos realizado un contraste entre los niveles de dominio del MCE de energía de los futuros profesores en un momento inicial y final, respecto al grado de sofisticación de las ideas del MCE de energía y respecto al tipo de modelo que presentan. Comenzaremos presentando en la Tabla 73 el resumen del nivel de dominio en términos del grado de sofisticación de las ideas del MCE desde un momento inicial al final.

Tabla 73. Grado de sofisticación del MCE de los estudiantes en un momento inicial y final

Estudiantes	Grado de dominio momento inicial	Grado de dominio momento final
A7	Medio	Alto
A11	Medio	Alto
A14	Medio	Alto
A1	Básico	Alto
A2	Básico	Alto
A3	Básico	Alto
A4	Básico	Alto
A5	Básico	Alto
A6	Básico	Alto
A8	Básico	Alto
A12	Básico	Alto
A15	Básico	Alto
A9	Bajo	Alto
A10	Bajo	Alto
A13	Bajo	Alto
A18	Bajo	Alto
A19	Bajo	Alto
A17	Básico	Medio
A21	Básico	Medio
A16	Bajo	Medio
A20	Bajo	Medio
A22	Bajo	Medio

Hemos identificado con tres colores el cambio que experimentaron los estudiantes desde un grado de sofisticación de las ideas del MCE de energía desde un momento inicial al final. Con color azul podemos identificar al 23% de los estudiantes que avanzaron desde el grado de sofisticación bajo al grado de sofisticación alto de las ideas del MCE, experimentando un cambio en 3 grados de sofisticación. En color naranja podemos identificar al 54% de los estudiantes que avanzaron desde el grado de sofisticación básico al alto o del grado de sofisticación bajo al medio, experimentando un cambio en 2 grados de sofisticación. Finalmente, con color amarillo podemos identificar al 23% de los estudiantes que avanzaron desde el grado de sofisticación medio al alto o del grado de sofisticación básico al medio, experimentando un cambio en 1 grado de sofisticación.

En términos generales, podemos establecer tres grupos para clasificar la evolución de los estudiantes, en términos de cambios en sus grados de sofisticación de las ideas del MCE de un momento inicial al final. En la tabla 74 presentamos esta clasificación.

Tabla 74. *Clasificación de estudiantes en grupos según cantidad de cambios en sus grados de sofisticación de las ideas del MCE de energía del momento inicial al final*

Grupos	Estudiantes
Grupo 1: Experimentan una gran evolución.	A9, A10, A13, A18 y A19
Grupo 2: Experimentan una evolución media	A1, A2, A3, A4, A6, A6, A8, A12, A15, A16, A20 y A22
Grupo 3: Experimentan una menor evolución	A7, A11, A14, A17 y A21

Por otra parte, en la Tabla 75 presentamos una panorámica más detallada de la cantidad de saltos que experimenta cada estudiante en cada idea del MCE desde el momento inicial al momento final.

Tabla 75. *Cantidad de saltos que experimenta cada estudiante en cada idea del MCE desde un momento inicial al final*

Estudiantes	Cantidad de saltos de un momento inicial a un momento final en cada idea			
	ES	WQ	D	C
A1	1	2	4	1
A2	1	2	2	3
A3	1	2	1	2
A4	2	2	2	2
A5	1	3	1	-1
A6	1	3	1	3

A7	1	3	1	1
A8	1	1	4	2
A9	1	2	4	3
A10	2	2	2	4
A11	1	1	1	1
A12	2	2	3	-1
A13	3	3	3	3
A14	1	2	2	1
A15	0	2	1	3
A16	2	2	1	0
A17	1	3	1	0
A18	0	3	1	3
A19	2	3	3	2
A20	0	3	2	0
A21	0	2	0	0
A22	4	3	3	0

De la tabla anterior podemos mencionar que las ideas del MCE en las que los estudiantes experimentaron una mayor evolución en términos de cantidad de saltos, fueron las de transferencia de la energía (51 saltos) y la de degradación de la energía (43 saltos), seguidos por la idea de conservación de la energía (32 saltos) y naturaleza de la energía (28 saltos). Esta última idea es la que presentó menor evolución en términos de saltos, considerando que los estudiantes iniciaron sus explicaciones en estadios sofisticados de esta idea del MCE de energía.

Para analizar con más detalle la evolución en el grado de sofisticación respecto a cada una de las ideas y el tipo de saltos que se evidencian, presentaremos una gráfica por cada idea del MCE de energía en la que podemos visualizar el porcentaje de estudiantes que asciende (con color rosa) o retrocede (con color celeste) de un estadio a otro. La fecha inserta dentro de cada barra del gráfico indica el sentido del salto. Si la flecha está en sentido ascendente refleja una evolución de un estadio menos sofisticado a uno más sofisticado, mientras que si la flecha está en sentido descendente refleja el retroceso de un estadio más sofisticado a un estadio menos sofisticado respecto a la idea del MCE. El tamaño de las barras representa la cantidad de saltos de un estadio a otro.

En la Figura 89 presentamos la gráfica de evolución respecto a la idea de naturaleza de la energía del MCE. En ella podemos observar que un 82% de los estudiantes experimentó una evolución desde estadios menos sofisticados a estadios más sofisticados de la idea de naturaleza de la energía del MCE y un 18% de los estudiantes da evidencia de un mismo dominio de esta idea de un momento inicial al final. Para esta idea no se evidencian retrocesos de un estadio más sofisticado a un estadio menos sofisticado.

Los ascensos que predominaron fueron de saltos de 1 estadio desde uno menos sofisticado a uno más sofisticado, en un 45% desde el estadio 3 al 4, en un 23% desde el estadio 2 al 4 y en un 5% desde el estadio 1 al 2. También un 4,5% asciende desde el estadio 0 al 3 y con el mismo porcentaje desde el estadio 0 al 4.

Considerando como estadios deseables del MCE respecto a la idea de naturaleza de la energía los estadios 3 y 4, podemos señalar que un 72,5% de los estudiantes dan evidencia de un dominio encontrado en el estadio 4 y un 22,5% en el estadio 3. Por lo tanto, un 95% de los estudiantes muestra un dominio de esta idea y se encuentran en un estadio deseable del MCE en un momento final.

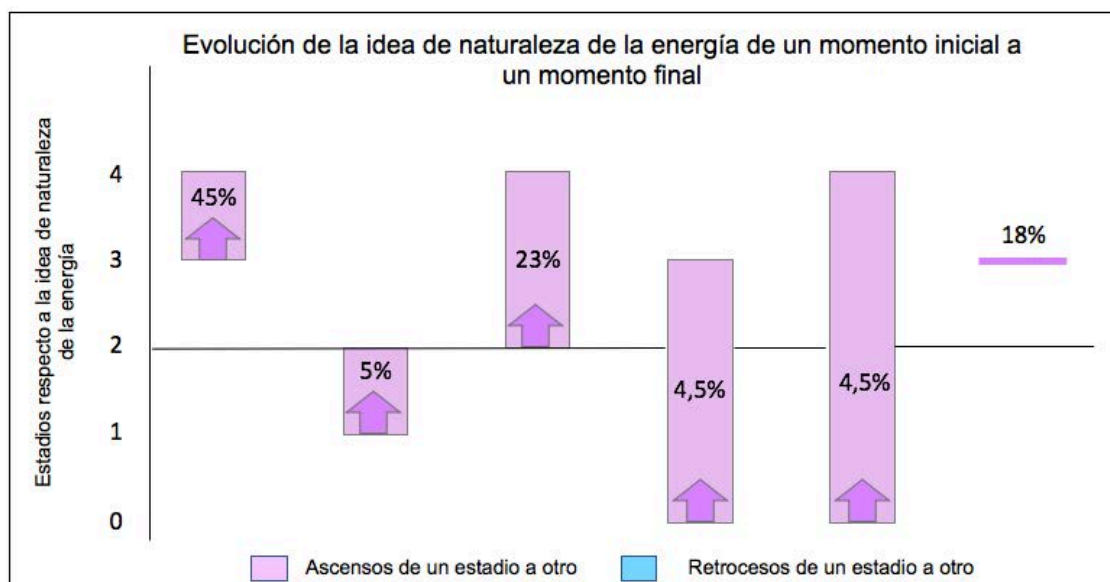


Figura 89. Evolución de la idea de naturaleza de la energía de un momento inicial a un momento final.

En la Figura 90 presentamos la gráfica de evolución respecto a la idea de transferencia de la energía del MCE. En ella podemos observar que un 100% de los estudiantes experimentó una evolución desde estadios menos sofisticados a estadios más sofisticados de la idea de transferencia de la energía del MCE de un momento inicial al final.

Los ascensos que predominaron fueron de saltos de 2 y 3 estadios desde uno menos sofisticado a uno más sofisticado. Un 50% de los estudiantes experimentó saltos de 2 estadios, en un 45% desde el estadio 2 al 4 y en un 5% desde el estadio 1 al 3. Y un 41% de los estudiantes experimentó saltos de 3 estadios, en un 9% de 0 al 3 y en un 32% de 1 al 4. También un 9% de los estudiantes tuvo saltos de un estadio desde el estadio 2 al 3.

Considerando como estadios deseables del MCE respecto a la idea de transferencia de la energía los estadios 3 y 4, podemos señalar que un 77% de los estudiantes dan evidencia de un dominio encontrado en el estadio 4 y un 23% en el estadio 3. Por lo tanto, un 100% de los estudiantes muestra un dominio de esta idea y se encuentran en un estadio deseable del MCE en un momento final.

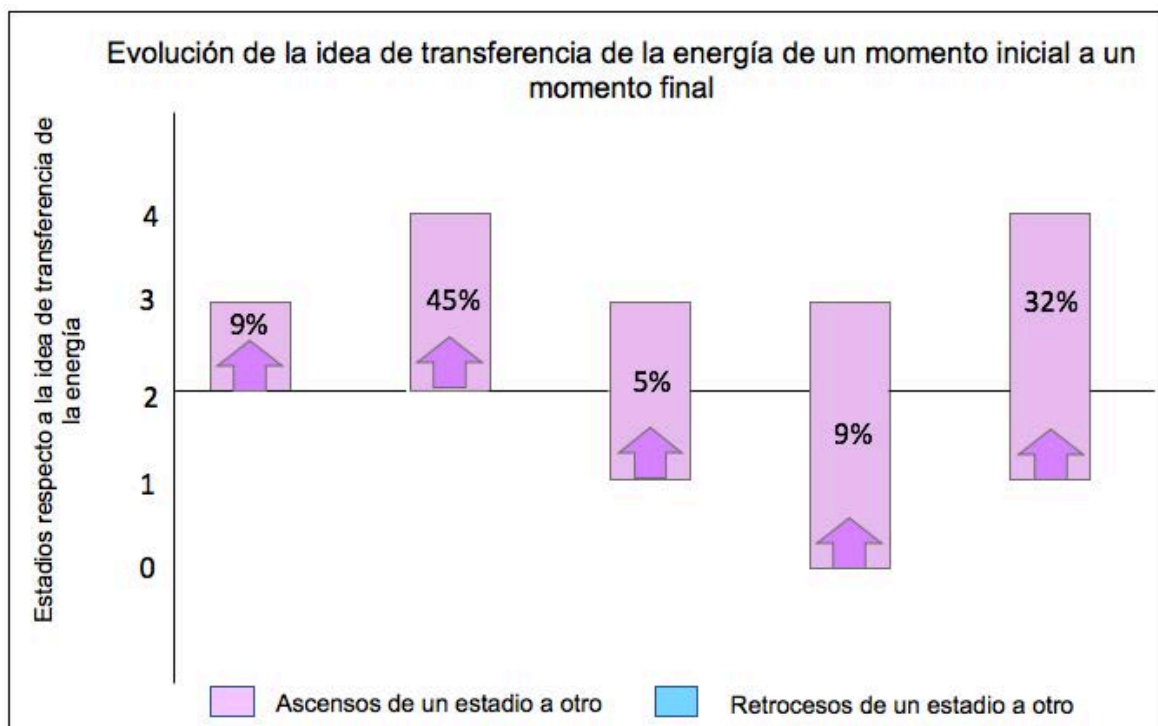


Figura 90. Evolución de la idea de transferencia de la energía de un momento inicial a un momento final.

En la Figura 91 presentamos la gráfica de evolución respecto a la idea de degradación de la energía del MCE. En ella podemos observar que un 95,5% de los estudiantes experimentó una evolución desde estadios menos sofisticados a estadios más sofisticados de la idea de degradación de la energía del MCE de un momento inicial al final. Para esta idea no se evidencian retrocesos de un estadio más sofisticado a un estadio menos sofisticado.

Los ascensos que predominaron fueron de saltos de 1 y 2 estadios desde uno menos sofisticado a uno más sofisticado. Un 41% de los estudiantes experimentó saltos de 1 estadio de 2 al 3 y un 22,5% de los estudiantes experimentó saltos de 2 estadios, en un 18% del 2 al 4 y en un 4,5% del 0 al 2. También observamos que un 18% de los estudiantes ascendió del estadio 0 al 3, un 14% del 0 al 4 y que un 4,5% de los estudiantes dio

evidencias de mantener el mismo dominio encontrado en el estadio 3 en un momento inicial y final.

Considerando como estadios deseables del MCE respecto a la idea de degradación de la energía los estadios 3 y 4, podemos señalar que un 32% de los estudiantes dan evidencia de un dominio encontrado en el estadio 4 y un 59% en el estadio 3. Por lo tanto, un 91% de los estudiantes muestra un dominio de esta idea y se encuentran en un estadio deseable del MCE en un momento final.

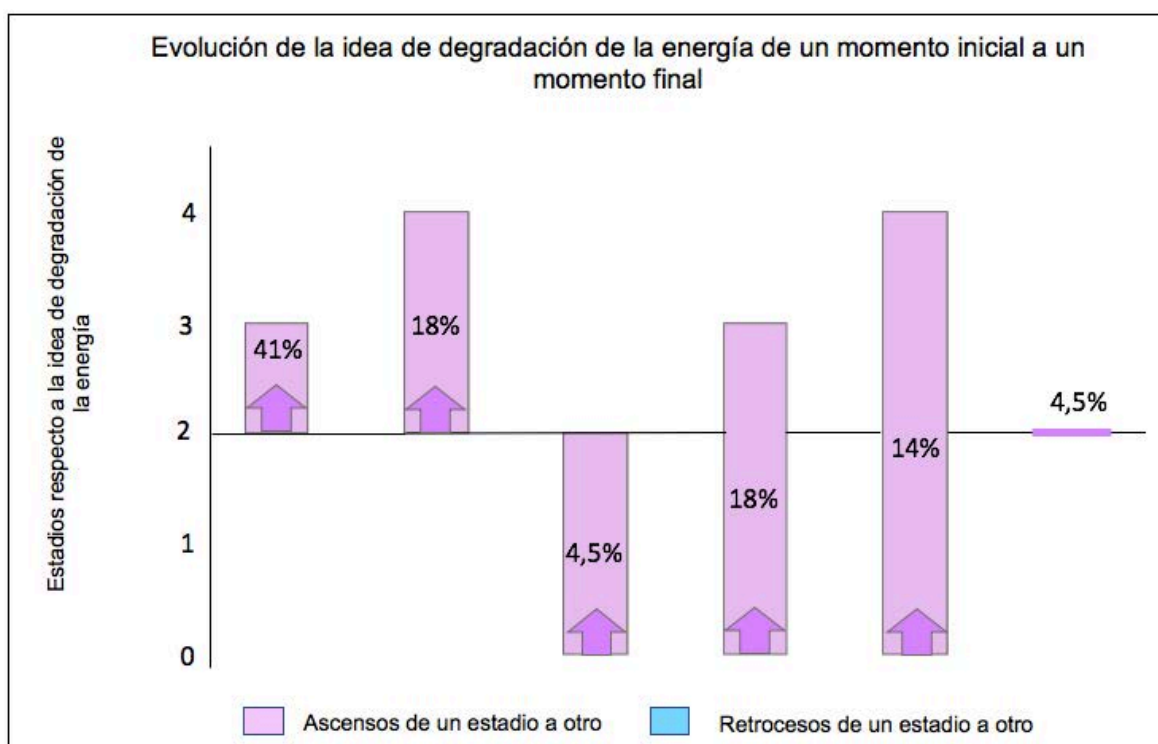


Figura 91. Evolución de la idea de transferencia de la energía de un momento inicial a un momento final.

Finalmente, en la Figura 92 presentamos la gráfica de evolución respecto a la idea de conservación de la energía del MCE. En ella podemos observar que un 68% de los estudiantes experimentó una evolución desde estadios menos sofisticados a estadios más sofisticados de la idea de conservación de la energía del MCE de un momento inicial al final.

Los ascensos que predominaron fueron de saltos de 3 estadios desde uno menos sofisticado a uno más sofisticado. Un 32% de los estudiantes experimentó saltos de 3 estadio de 0 al 3. También un 18% experimentó saltos de 1 estadio, en un 9% del estadio

2 al 3 y en un 9% del estadio 1 al 2. Un 13,5% experimentó saltos de 2 estadios, en un 4,5% del estadio 0 al 2, en un 4,5% del estadio 2 al 4 y en un 4,5% del estadio 1 al 3. Un 4,5% de los estudiantes experimentó saltos de 4 estadios de 0 al 4 y un 23% de los estudiantes da evidencia de no tener ningún dominio de la idea al encontrarse aspectos en el estadio 0. En ninguna de las ideas del MCE ya descritas se había dado el caso de estudiantes que presentaran retrocesos en la evolución de sus ideas desde un momento inicial al momento final, sin embargo, para la idea de la conservación de la energía se aprecia que un 9% de los estudiantes los presenta, en un 4,5% desde el estadio 3 al 2 y en un 4,5% desde el estadio 2 al 1.

Considerando como estadios deseables del MCE respecto a la idea de degradación de la energía los estadios 3 y 4, podemos señalar que un 9% de los estudiantes dan evidencia de un dominio encontrado en el estadio 4 y un 45,5% en el estadio 3. Por lo tanto, un 54,5% de los estudiantes muestra un dominio de esta idea y se encuentran en un estadio deseable del MCE en un momento final, siendo la idea que muestra más complejidades en su construcción.

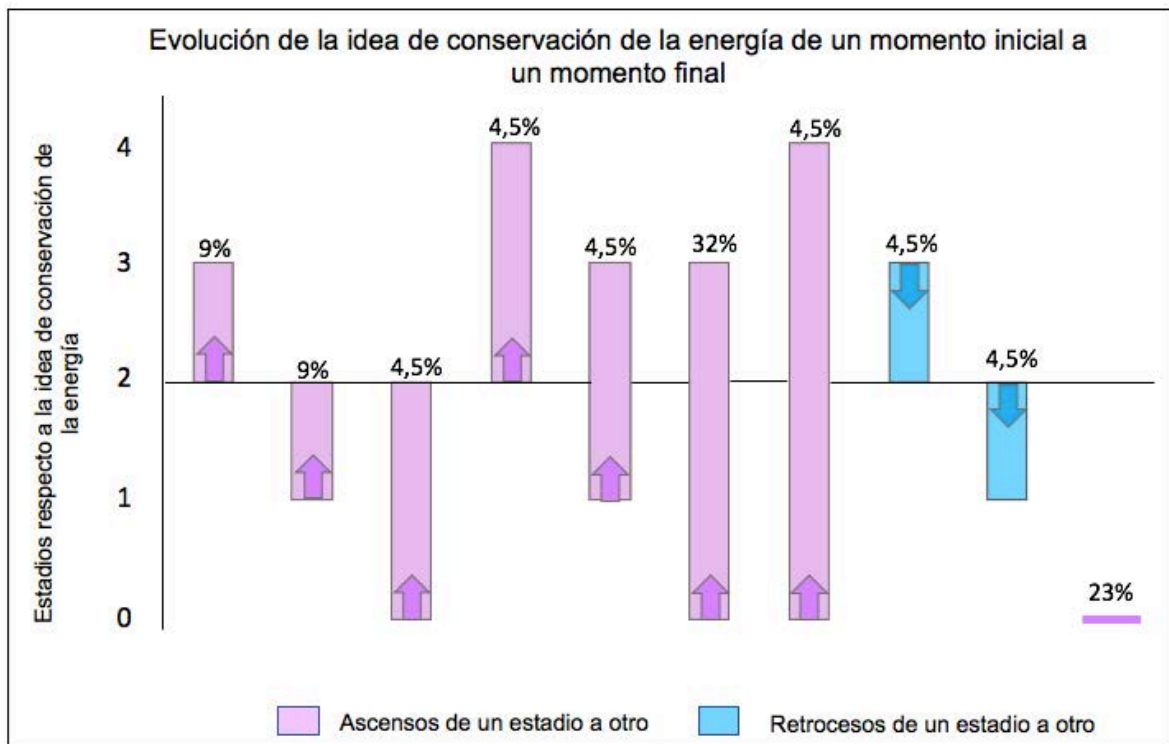


Figura 92. Evolución de la idea de degradación de la energía de un momento inicial a un momento final.

Para finalizar este análisis del nivel de dominio de las ideas del MCE respecto al grado de sofisticación de estas, presentamos en la Tabla 76 a los estudiantes que experimentaron una mayor cantidad de saltos (3 o 4 saltos) en cada una de las ideas del MCE de energía de un momento inicial al final.

Tabla 76. *Estudiantes que experimentan una mayor cantidad de saltos en la evolución de cada idea del MCE desde el momento inicial al final*

Idea del MCE	Estudiantes
Naturaleza de la energía (ES)	A22 y A13
Transferencia de la energía (WQ)	A5, A6, A7, A13, A17, A18, A19, A20 y A22
Degradación de la energía (D)	A1, A8, A12, A13, A19 y A22
Conservación de la energía (C)	A10, A2, A6, A9, A13, A15 y A18

Respecto al nivel de dominio de los estudiantes en términos del tipo de modelo que evidencian en sus producciones, comenzaremos presentando en en la Tabla 73 el resumen del tipo de modelo que se encuentra en un momento inicial y final.

Tabla 77. *Tipo de modelo de los estudiantes en un momento inicial y final*

Estudiantes	Tipo de modelo en un momento inicial	Tipo de modelo en un momento final
A4	Equilibrado	Equilibrado
A5	Equilibrado	Equilibrado
A7	Equilibrado	Equilibrado
A11	Equilibrado	Equilibrado
A14	Equilibrado	Equilibrado
A2	Incompleto sin C	Equilibrado
A3	Incompleto sin C	Equilibrado
A6	Incompleto sin C	Equilibrado
A10	Incompleto sin C	Equilibrado
A15	Incompleto sin C	Equilibrado
A1	Incompleto sin D	Equilibrado
A8	Incompleto sin D	Equilibrado
A12	Incompleto sin D	Equilibrado
A9	Altamente incompleto	Equilibrado
A13	Altamente incompleto	Equilibrado
A18	Altamente incompleto	Equilibrado
A19	Altamente incompleto	Equilibrado
A17	Incompleto sin C	Incompleto sin C
A21	Incompleto sin C	Incompleto sin C
A16	Incompleto sin C	Incompleto sin C
A20	Altamente incompleto	Incompleto sin C
A22	Altamente incompleto	Incompleto sin C

Hemos identificado dentro de la tabla con color gris al 36% de los estudiantes que no evidencia un cambio en el tipo de modelo de un momento inicial a un momento final. De este grupo, un 23% de los estudiantes en un momento inicial presentó un modelo equilibrado y finalizó la SEA con un modelo equilibrado. En el caso de estos estudiantes la calidad del modelo (sofisticación de las ideas del MCE) fue superior de un momento inicial al final. De este grupo, los estudiantes A4 y A11 presentan una misma forma de modelo equilibrado pero con una sofisticación en todas las ideas del MCE, tal como se muestra en la Figura 93.

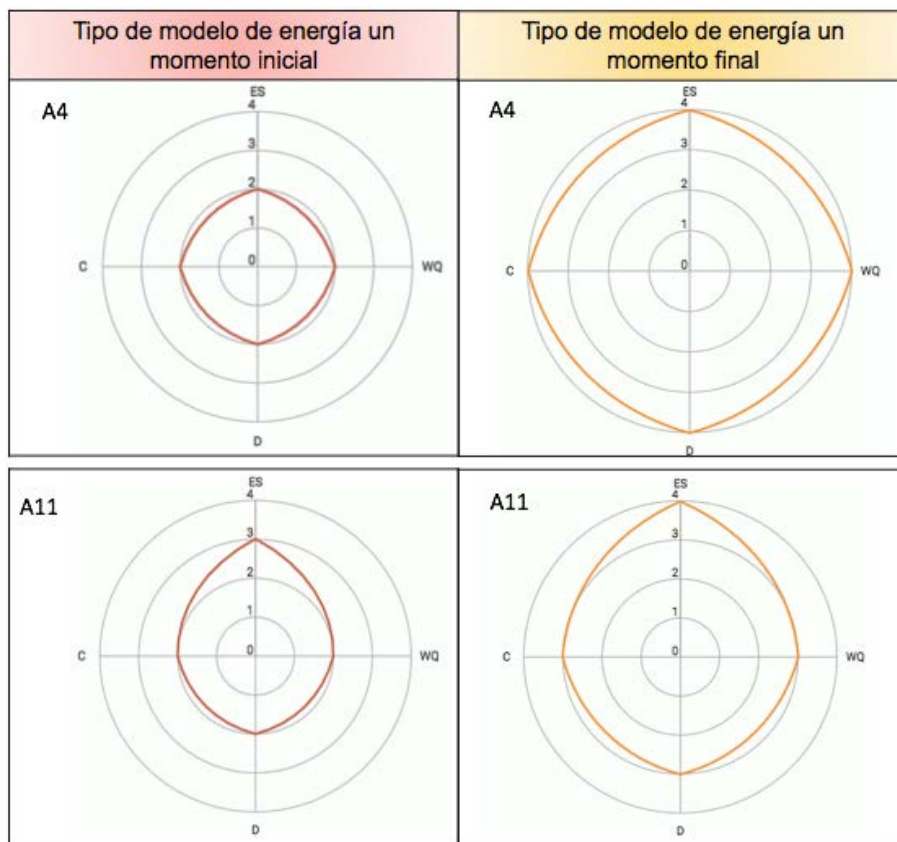


Figura 93. Ejemplo de modelo equilibrado en un momento inicial y final.

Por otra parte, un 13% de estudiantes da evidencia de un modelo incompleto que obvia la conservación de la energía y finaliza con el mismo modelo, dando evidencia explícita de la complejidad que tienen en la construcción de esta idea. En estos estudiantes se encuentra un grado de sofisticación de todas estas ideas del MCE en un momento final, pero no se observa que ninguno de ellos mantenga la misma forma de modelo equilibrado.

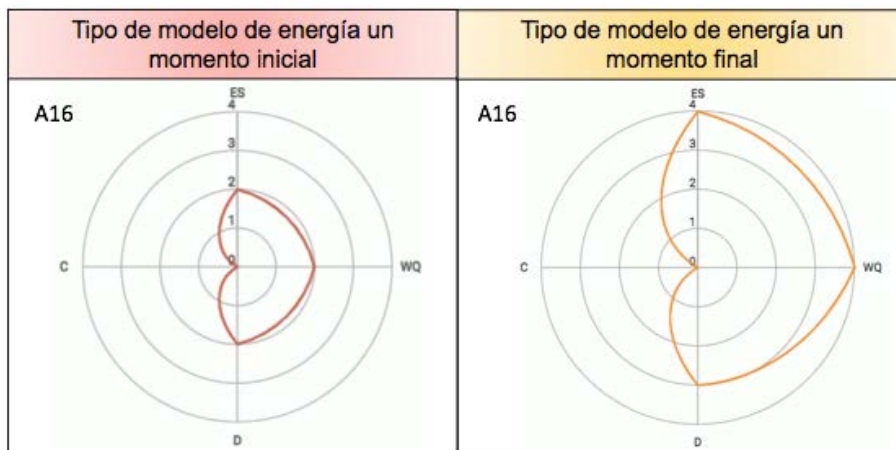


Figura 94. Ejemplo de modelo incompleto que obvia la conservación de la energía en un momento inicial y final.

El resto de estudiantes de la tabla, que corresponde a un 64%, experimenta cambios en su tipo de modelo. Un 23% de este grupo pasa de un modelo incompleto que obvia la conservación de la energía a un modelo equilibrado, un 14% pasa de un modelo incompleto que obvia la degradación de la energía a un modelo equilibrado y un 18% pasa de un modelo altamente incompleto a un modelo equilibrado, dando evidencia explícita de un nivel de dominio del MCE en términos de grado de sofisticación de las ideas del MCE y el tipo de modelo.

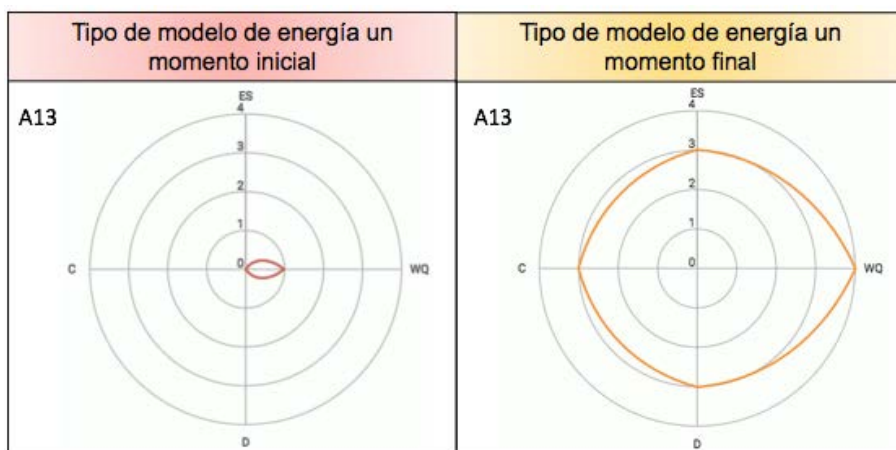


Figura 95. Ejemplo de modelo altamente incompleto en un momento inicial que pasa a modelo equilibrado en un momento final.

Por otra parte, dentro de este grupo un 9% de los estudiantes da evidencia en un momento inicial de un modelo altamente incompleto a un modelo incompleto que obvia la conservación de la energía. En el caso de estos estudiantes, se encuentra evidencia de una evolución en torno a las ideas de naturaleza de la energía, transferencia de la energía

y degradación de la energía del MCE, pero no superan el obstáculo de comenzar a evidenciar aspectos en torno a la degradación de la energía.

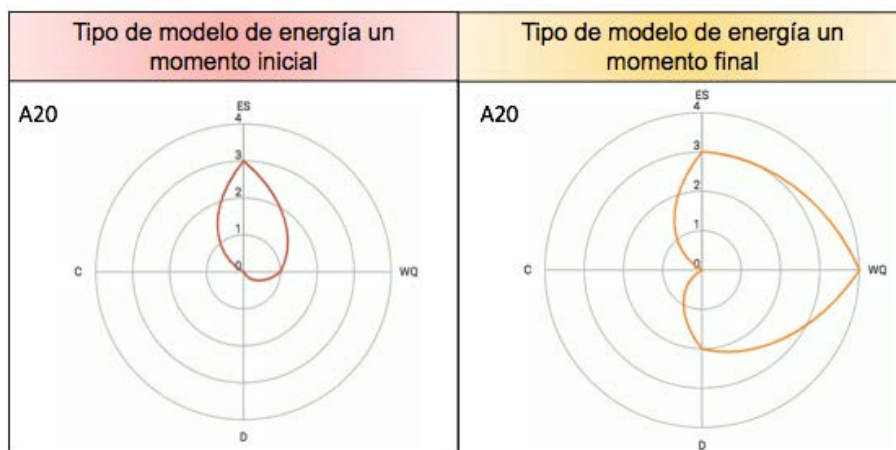


Figura 96. Ejemplo de modelo altamente incompleto en un momento inicial que pasa a modelo incompleto que obvia la conservación de la energía en un momento final.

Finalmente, respecto al nivel de dominio del MCE de los estudiantes podemos mencionar que, respecto a la sofisticación de las ideas del MCE de energía de un momento inicial a un momento final se encuentran evidencias que un 95% de los estudiantes domina la idea de naturaleza de la energía del MCE, un 100% la de transferencia de la energía, un 91% la de degradación de la energía y un 54,5% la de conservación de la energía. En ese sentido, los estudiantes son capaces de construir un modelo energético coherente con el MCE que pretendíamos construir. Por otra parte, respecto al tipo de modelo al finalizar la SEA un 77% de los estudiantes da evidencia de un modelo de energía equilibrado y un 23% de un modelo de energía incompleto que obvia la conservación de la energía.

4.1.5. MCE de energía declarado por los futuros profesores en el test de entrada y salida

En el test de entrada hemos realizado una pregunta abierta en la que solicitamos a los futuros docentes mencionar qué deberían aprender sus estudiantes respecto a la energía. Consideramos que esta pregunta sobre los contenidos a enseñar hace referencia al MCE de energía que los futuros docentes consideran que debe ser objeto de aprendizaje. Desde nuestra perspectiva, analizar estos MCE declarados nos parece útil por cuanto podemos compararlos con su dominio real del modelo de energía, mostrando en su desempeño a lo largo de la SEA, que hemos analizado en apartados anteriores.

Dentro de las respuestas de los alumnos hemos encontrado algunas que hacen referencia a ideas de la naturaleza de la energía (ver Figura 97), a la idea de transferencia de la energía (ver Figura 98) y a las ideas de conservación y degradación de la energía (ver Figura 99). También hemos encontrado otras respuestas que no se asocian directamente al MCE desde nuestra perspectiva (ver Figura 100).

Los aspectos relacionados con la naturaleza de la energía que señalan los estudiantes son los siguientes: resaltan la importancia de conocer y comprender los tipos de energía (32%). Por ejemplo: A19 *“Enseñaría la definición de tipos de energía, dónde se encuentran y su utilidad”* o A4 *“Las diferencias entre energías y conceptos que suelen confundirse con energía, además de su importancia en la vida cotidiana”*. Un 18% también menciona la importancia de enseñar los tipos de energía, pero señalando que son solo tres, por ejemplo: A8 *“Que nombraran tipos de energía y clasificarlos por sus semejanzas, para que llegaran a explicar de que todo se puede transformar en energía cinética o potencial y así poder definir el concepto de energía”*. Con un 9% algunos estudiantes señalan que la energía está en las cosas, por ejemplo: A15 *“La energía está en las cosas, en el ambiente, en lo que nos rodea, en lo que se puede ver y tocar”*. Con este mismo porcentaje señalan que la energía se puede determinar a través de cálculos, por ejemplo: A2 *“Comprendan que la energía tiene diferentes definiciones, además de que existen muchos tipos y que cualquier energía se puede determinar a través de cálculos”* y que la energía se asocia a la configuración de un sistema, por ejemplo: A9 *“La energía no reside en los objetos sino en la configuración que realizamos. Existen formas de transferencia y situaciones de disipación (fricción) o de utilidad (trabajo mecánico)”*.

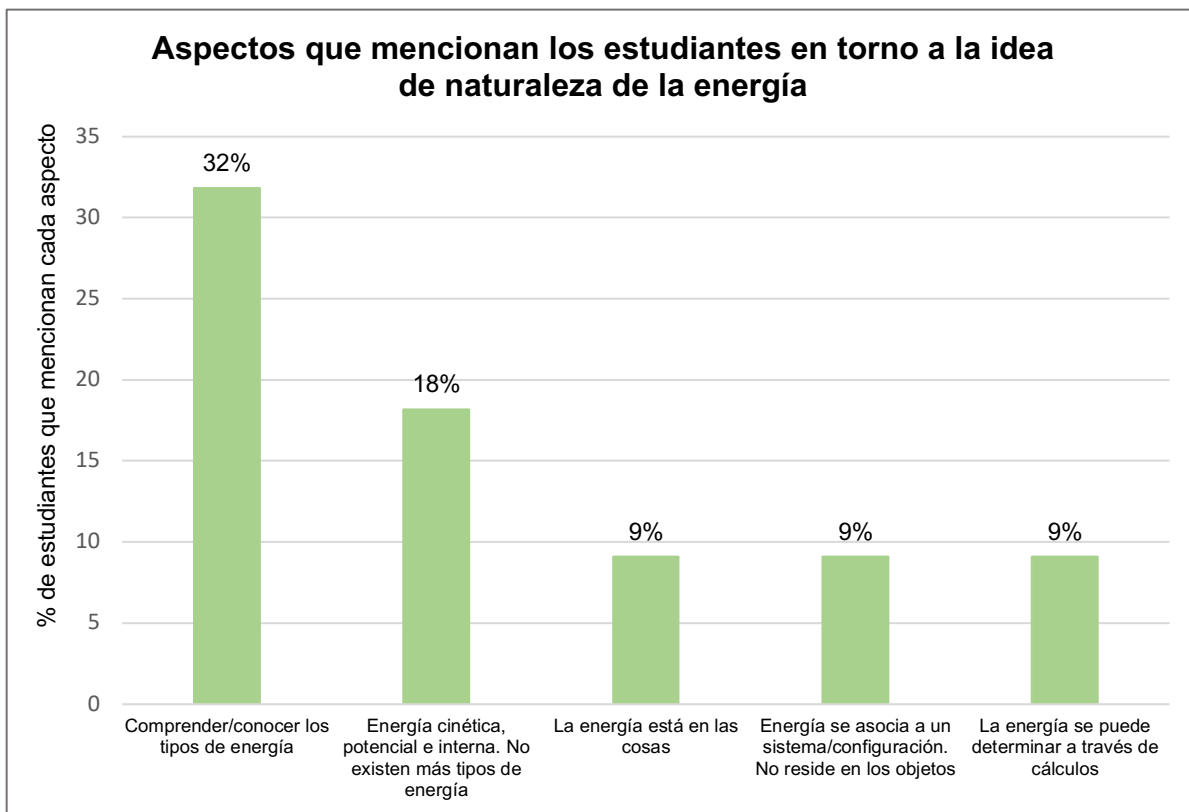


Figura 97. Aspectos que señalan los estudiantes en torno a la idea de naturaleza de la energía en test de entrada.

En términos de los estadios del modelo de energía descritos en el apartado 4.1.1., el MCE de energía declarado por los estudiantes se correspondería con un 9% en el estadio ES1 y con un 9% en el estadio ES3 respecto a la idea de naturaleza de la energía. Además señalan en con un 9% la subidea de valor absoluto VA1.

Hay una subidea respecto a la naturaleza de la energía que no hemos descrito en el apartado 4.1.1., considerando que es una subidea que no hemos construido en la SEA y que no forma parte del MCE objeto de aprendizaje. Sin embargo, la hemos considerado en la discusión en unos de los momentos de revisión del modelo de los estudiantes en la implementación del dossier 1 y es útil para describir el MCE declarado de los estudiantes (las ideas y modelos de energía que ellos creen que se debe enseñar). Esta idea hace referencia a cuántos tipos de energía existen. Si esta idea hubiese sido construida podría estar compuesta por dos estadios: en el superior se situarían aquellos estudiantes que señalan que solo existen tres tipos de energía: cinética, potencial e interna (como declara el 18% de estudiantes en el test de entrada) y en el inferior aquellos que señalan que existen múltiples tipos de energía (como el 32% de los estudiantes en el test de entrada).

Los aspectos en torno a la transferencia de la energía fueron poco mencionados. En un 9% los futuros docentes mencionan la importancia de comprender que la energía se transfiere, pero sin mencionar cómo se transfiere, por ejemplo, A10 *“La energía no tiene definición, en ese sentido es mejor que comprendan el concepto de transferencia de energía y que no se queden con la idea de muchos tipos de energía”*. Otros mencionan esta misma idea comentando que existen mecanismos de transferencia de energía, pero sin identificar dichos mecanismos, por ejemplo, A2 *“Comprendan que la energía tiene diferentes definiciones, además de que existen muchos tipos...que existen mecanismos de transmisión de energía. Enseñaría energía a través de ejemplos de la naturaleza”*. El mismo porcentaje señala la importancia de comprender el conocido “mantra” energético de que la energía no se crea, ni se destruye y solo se transforma. Por último, otros señalan la relevancia de la relación entre los conceptos de trabajo y energía, por ejemplo: A16 *“La energía pertenece a un cuerpo y lo que le afecta es la interacción con el medio. Diferenciar energía, trabajo y fuerza”*. Y un 5% menciona que las transferencias de energía a través de trabajo son útiles.

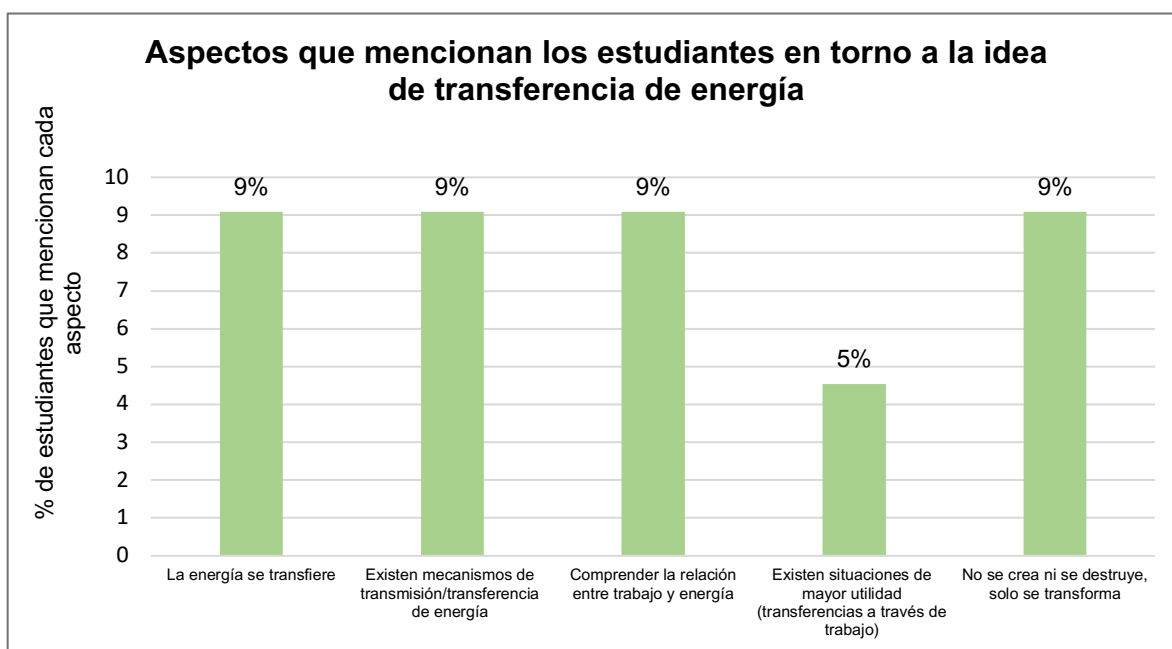


Figura 98. Aspectos que señalan los estudiantes en torno al modelo: Transferencia de energía en test de entrada.

En términos de los estadios de las ideas del modelo energético descritos en el apartado 4.1.1. el MCE declarado por los estudiantes se sitúa en un 18% en el estadio WQ2 de la idea de transferencia de energía (mencionan que la energía se transfiere y que existen

mecanismos sin mencionarlos) y un 9% estaría en el estadio WQ1 de transformación de la energía.

Si los estudiantes que mencionan la importancia de comprender la relación entre trabajo y energía hubiesen sido más específicos en su respuesta, mencionando que el trabajo es un mecanismo de transferencia de energía, podríamos haberlos situarlos en el estadio WQ3, pero sus respuestas fueron breves y no permitirían una categorización. Del mismo modo el 5% que menciona que las transferencias de energía a través de trabajo son más útiles, con una respuesta más detallada podría haber sido categorizado en algún estadio de la subidea EWQ.

Los aspectos en torno a la conservación y degradación de la energía prácticamente no fueron señalados por los estudiantes, dando evidencias de también en su MCE declarado (su visión del contenido a enseñar y aprender) estas ideas del modelo de energía son poco presentes antes de la implementación de la SEA. Con un 5% señalan que la energía se conserva, por ejemplo: A14 *“Enseñaría la noción de conservación de energía y el paso de la energía cinética a potencial”*. Sin hablar directamente de conservación, señalan que no existen pérdidas de energía, sino disipaciones de ésta, por ejemplo: A10 *“...es mejor que comprendan el concepto de transferencia de energía y que no se queden con la idea de muchos tipos de energía y puedan reducirlos. No existe pérdida de energía, sino que disipación de ésta”*. Finalmente, otra respuesta similar a la anterior, es reconocer la disipación, pero además la asocian a un proceso, tal como lo hace el estudiante: A9 *“La energía no reside en los objetos sino en la configuración que realizamos. Existen formas de transferencia y situaciones de disipación (fricción) o de utilidad (trabajo mecánico)”*.

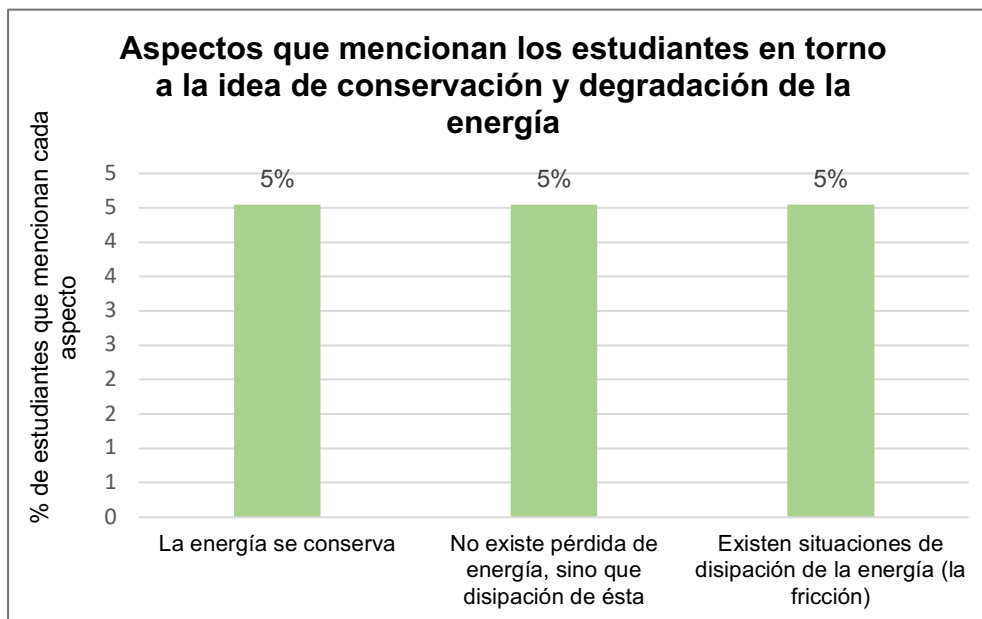


Figura 99. Aspectos que señalan los estudiantes en torno a la idea de conservación y degradación de la energía en test de entrada.

En términos de los estadios del modelo descritos en el apartado 4.1.1. los estudiantes estarían situados con un 5% en el estadio C3, con un 5% en el estadio C2 y el que habla solo de disipación en el estadio D2.

Otros aspectos que señalan los estudiantes respecto a la energía son: asociar la energía a la comprensión de distintos fenómenos de la vida cotidiana (50%), por ejemplo, A1 “Deberían conocer las multidimensiones del concepto de energía. Comprender las diferentes manifestaciones de la energía en la vida cotidiana. Comprender los tipos de energía” o A7 “Al aprender de energía aprendemos de la vida misma, somos parte de ella y ella de nosotros, es un fenómeno que genera vida”.

Un 14% señala la importancia de comprender la definición del concepto de energía, por ejemplo: A11 “Comprender el concepto de energía asociado a los fenómenos” y finalmente un 5% señala la importancia de comprender situaciones en las que se manifiesta la energía como forma de calor o electricidad.

Estas nociones que no entran en una clasificación de nuestro MCE de energía, pero reflejan la importancia que dan los futuros docentes al contexto (fenómenos de la vida cotidiana) y a al vocabulario científico técnico (comprender la definición de energía).

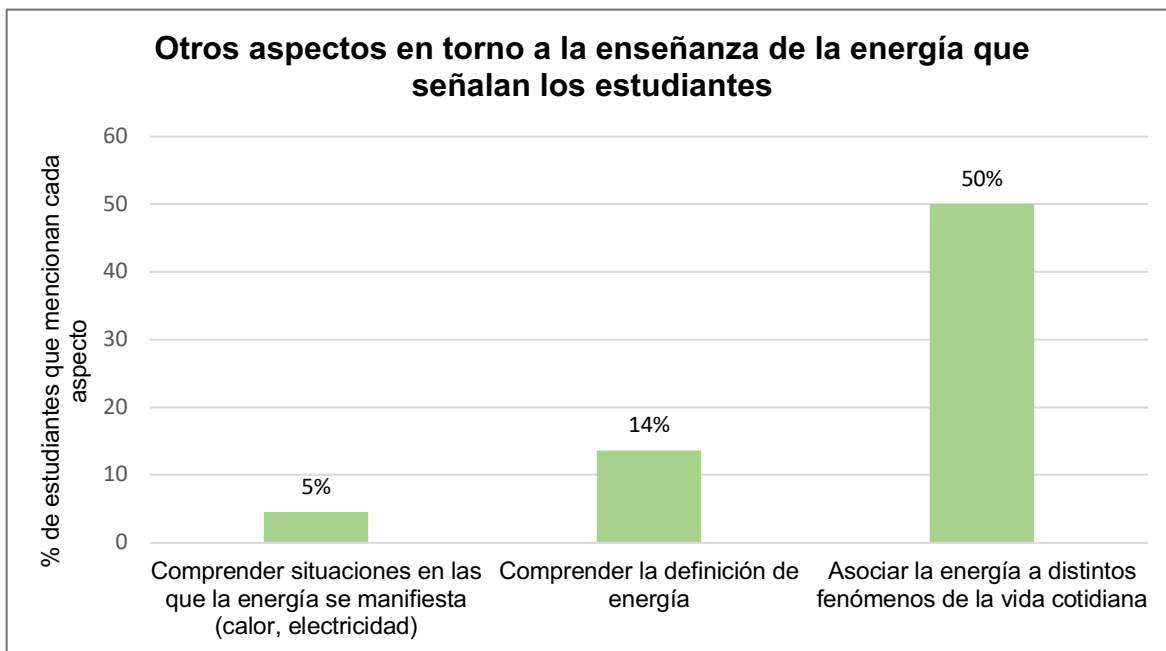


Figura 100. Otros aspectos en torno a la enseñanza de la energía que señalan los estudiantes en test de entrada.

La Figura 101 nos permite resumir las ideas del modelo energético que mencionan los estudiantes previo a la implementación de la SEA. En el eje Y se puede observar el nivel de sofisticación de las ideas del modelo. Los estadios tienen colores asignados según las categorías descritas en el apartado 4.1.1. Las líneas punteadas indican la separación entre ideas distintas del modelo a lo largo del eje X: naturaleza de la energía, transferencia de energía, degradación y conservación de la energía. Junto a cada estadio mencionado se presenta el porcentaje de estudiantes que declara que las enseñaría.

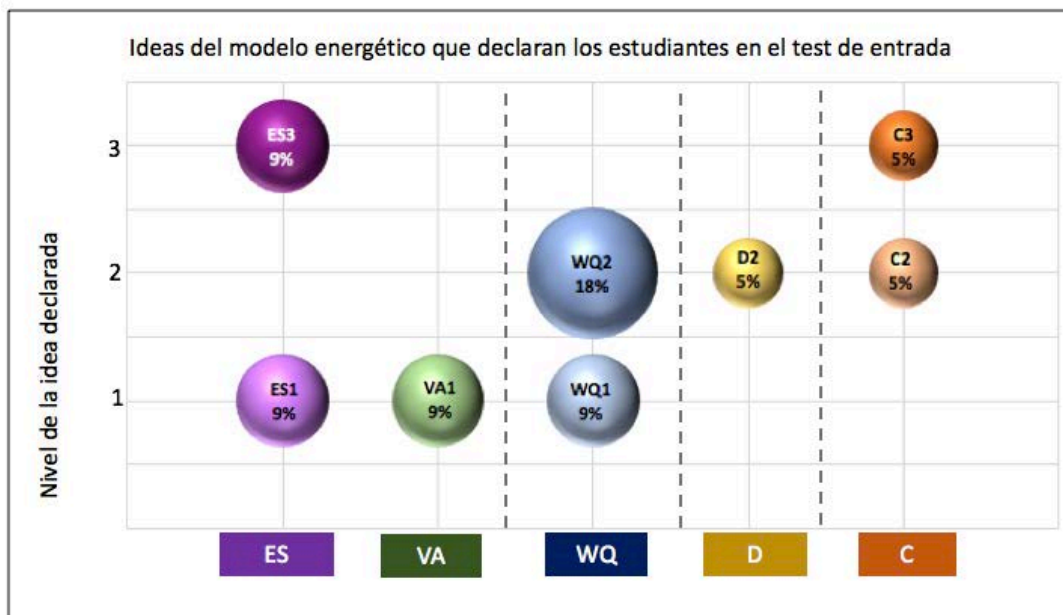


Figura 101. Resumen de ideas del modelo de energía que los estudiantes declaran en el test de entrada.

El test de salida, al igual que el test de entrada, se incorporó la pregunta abierta en la que solicitamos a los futuros docentes mencionar qué deberían aprender sus estudiantes respecto a la energía, con la intención de contrastar el progreso de las ideas en torno a la energía que declaran después de ejecutar la SEA modelizadora.

Respecto a la idea de naturaleza de la energía, los cambios son evidentes, considerando que no surgen aspectos erróneos en relación con esta idea: se dejan de mencionar ideas como la comprensión de múltiples tipos de energía o que la energía pertenece a los cuerpos.

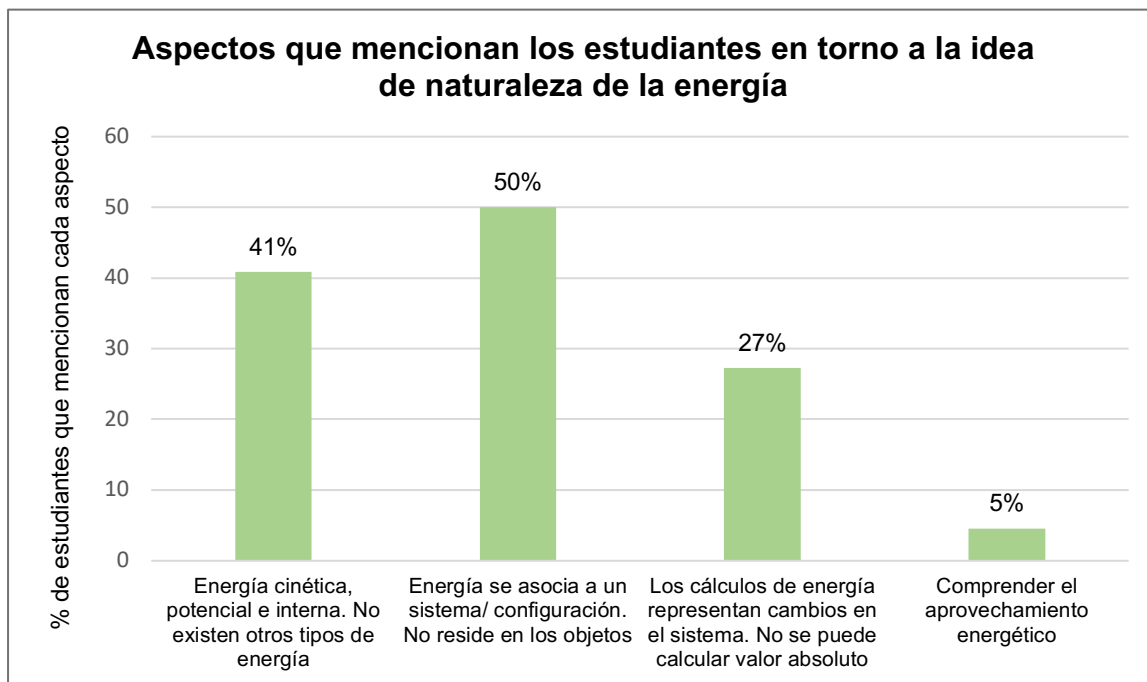


Figura 102. Aspectos que señalan los estudiantes en torno a la naturaleza de la energía en test de salida.

La idea más señalada después de la implementación es la de energía asociada al estado o configuración de un sistema (la energía no reside en los objetos) en un 50%, tal como lo realiza A3 *“Deberían llegar a saber que la energía no es algo que se pueda tener de manera tangible, sino que se asocia al estado, en cómo se configura un sistema. Los cálculos de energía representan cambios en el sistema y estos cambios pueden ser a nivel micro o macro”*. Este porcentaje de estudiantes que mencionan esta idea lo podemos asociar al estadio ES4 de la idea de naturaleza de la energía.

Respecto a la subidea de valor absoluto (VA), los estudiantes también identifican el significado de los cálculos como una representación o medida de los cambios que puede experimentar un sistema (27%), por ejemplo: A10 *“No se puede determinar la energía absoluta, solo podemos medir variaciones asociadas a cambios en un estado. En sistemas aislados la energía se conserva, pero en la vida real no existen sistemas totalmente aislados. Aunque la energía se conserve se degrada”*. Los estudiantes que señalan estos aspectos estarían ubicados en estadio VA4 de la subidea asociada a la naturaleza de la energía. La subidea aprovechamiento energético (AP) no la consideran como un aspecto relevante y solo un 5% menciona la relevancia de trabajarla con sus estudiantes, sin especificar detalles que permitan clasificarla en un estadio.

Una de las ideas, también muy señalada, es la existencia de solo tres tipos de energías cinética, potencial e interna (41%). Al igual como lo hemos mencionado en los resultados del test de entrada, llama la atención la importancia que dan los estudiantes a esta idea, considerando que no fue una idea modelizada a través de la SEA ni parte del MCE objeto de aprendizaje, solo fue discutida en un momento de revisión del modelo en la implementación del dossier 1. Podemos atribuir este resultado a dos posibles causas: que al discutir esta idea con todo el curso y ejemplificar clasificando tipos de energías conocidos (térmica, química, solar, hidroeléctrica, etc.) en los tres tipos cinética, potencial e interna, las nuevas ideas entraron en conflicto con sus modelos mentales al darse cuenta de que parte de sus aprendizajes de toda la escolaridad no les han permitido realizar este tipo de análisis.

El segundo motivo puede ser la costumbre de un sistema tradicional en el que se entregan las ideas (y no se construyen) y que haya sido una idea muy memorizada que surgió de la discusión de la implementación. Este segundo motivo lo consideramos menos factible porque si bien la idea no se construyó tampoco se mencionó directamente, fue parte de un proceso de discusión y análisis de situaciones que finalizó con la formalización de la docente.

Los aspectos en torno a la transferencia de la energía que en el test de entrada fueron poco mencionados posterior a la implementación incrementaron. Respecto a esta idea del modelo energético, los cambios son evidentes considerando que no surgen aspectos erróneos. Se dejan de mencionar ideas como la transformación de la energía o que calor y trabajo son tipos de energía, dando evidencia de una mejora en sus ideas declaradas.

La idea más señalada es el reconocer que la energía se transfiere a través de dos mecanismos trabajo o calor (41%), por ejemplo: A14 *“Comprender el calor y el trabajo como mecanismos de transferencia de energía y no como formas de energía y dejar de definir la energía como la capacidad de realizar un trabajo”*. Un 18% solo menciona el mecanismo de transferencia de energía calor, tal como lo realiza A12: *“Que sepan que la energía no tiene una definición y que identifiquen que el calor es un mecanismo de transferencia de energía y no una forma de energía”* y un 14% habla de transferencias de energía, pero sin señalar los mecanismos asociados, por ejemplo: A9: *“La energía no está en las cosas. Hay distinta calidad de energía a medida que se transfiere de un lugar a otro. Solo existen dos tipos de energía (cinética y potencial)”*.

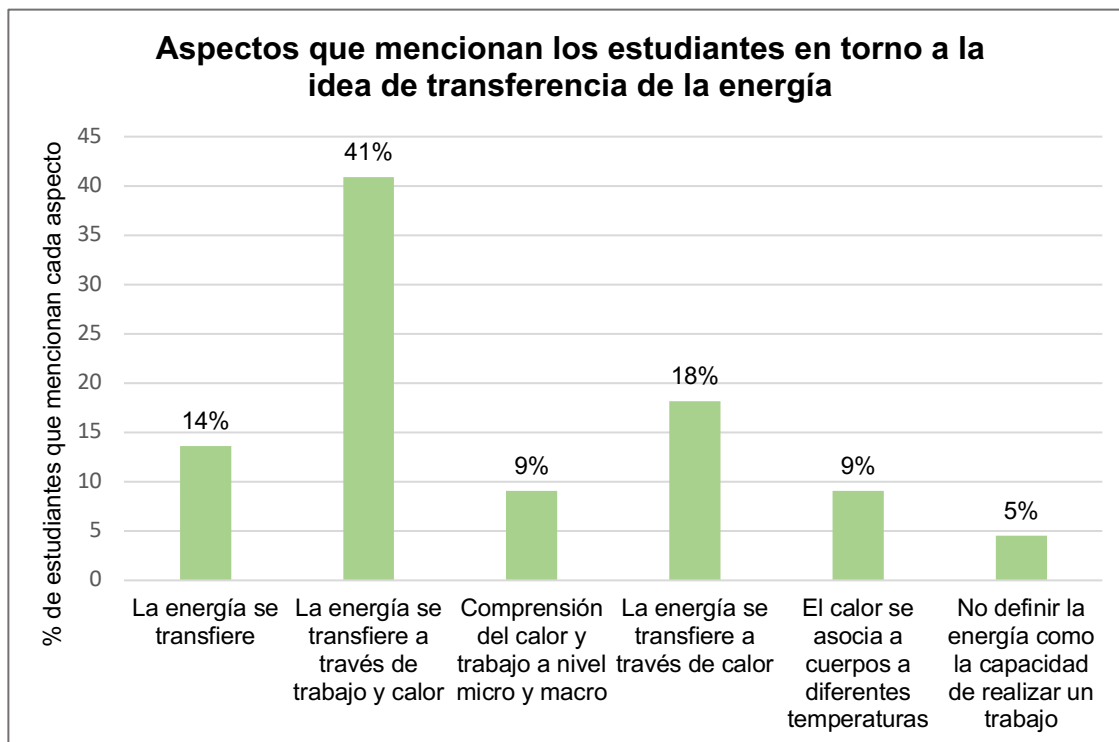


Figura 103. Aspectos que señalan los estudiantes en torno a la idea de transferencia de la energía en el test de salida.

En los estadios de la idea de transferencia de energía podríamos situar a un 41% de los estudiantes en el estadio WQ4, a un 27% en el estadio WQ3 (sumando a los que hablan de calor) y a un 14% en el estadio WQ2.

En base a estos resultados se puede identificar que la mayoría de los estudiantes declara que enseñaría la idea de transferencia de energía identificando los mecanismos asociados, sin embargo, en estos resultados también se evidencia que los estudiantes identifican con mayor facilidad el mecanismo de calor en relación con el de trabajo. En este caso un 18% de los estudiantes realza enseñar el mecanismo de calor y un 9% resalta la comprensión del calor como una transferencia asociada a cuerpos a diferentes temperaturas.

Finalmente, un 9% de los futuros profesores menciona la importancia de que los estudiantes comprendan aspectos del modelo microscópico de trabajo y calor, sin mencionar aspectos específicos que nos permitan clasificar sus respuestas en un estadio.

En el siguiente gráfico (Figura 104) se puede observar una mejora en relación con los resultados del test de entrada, considerando que después de la implementación de la SEA surgen más aspectos en torno a la degradación y conservación de la energía.

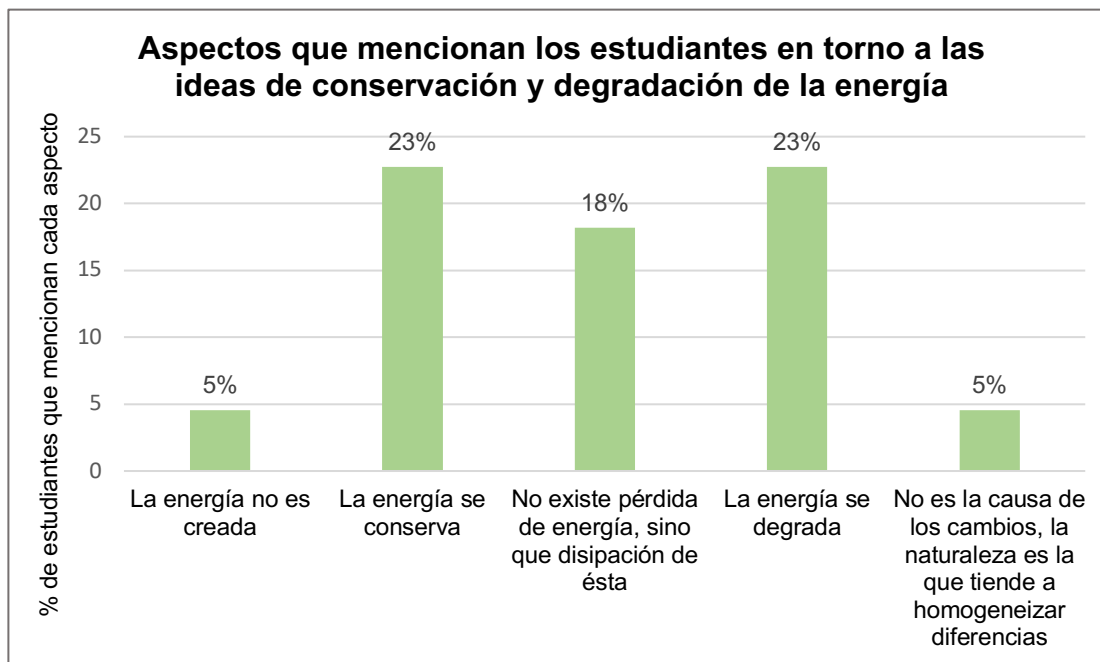


Figura 104. Aspectos que señalan los estudiantes en torno a las ideas de degradación y conservación de la energía en el test de salida.

Con un 23% los estudiantes señalan que la energía se conserva y se degrada, tal como lo señala A21: *“La energía se conserva, se degrada y se transfiere y que identifiquen que en calor es un mecanismo de transferencia de energía y no de temperatura”* y A10: *“No se puede determinar la energía absoluta, solo podemos medir variaciones asociadas a cambios en un estado. En sistemas aislados la energía se conserva, pero en la vida real no existen sistemas totalmente aislados. Aunque la energía se conserve se degrada”*.

A pesar de que un 23% señala una, la otra o ambas ninguno de los estudiantes profundiza en la definición.

Un 18% señala que no existen pérdidas de energía, sino que disipación de ésta, por ejemplo: A16 *“La energía no es algo tangible que está en los cuerpos. La energía no es absoluta, sino que depende de la configuración del sistema (características). Deberían identificar las formas en las que se transfiere la energía (trabajo y calor), la idea de cambios, disipación y aprovechamiento de la energía”*.

Al intentar situar estas respuestas en algunos de los estadios de las ideas de conservación y degradación de la energía, tendríamos a un 23% de los estudiantes en el estadio C3, a un 18% en el estadio C2 y a un 28% en el estadio D3. Los estudiantes clasificados en el estadio de D3 de degradación de la energía, es interpretando que al mencionar

degradación no solo hablan de disipación, considerando que los que pensaron en disipación la nombraron directamente.

La Figura 105 nos permite resumir las ideas del modelo energético que evidencian los estudiantes posterior a la implementación de la SEA. En el eje Y se puede observar el nivel de sofisticación del modelo declarado. Los estadios tienen colores asignados según las categorías descritas en el apartado 4.1.1. Las líneas punteadas indican la separación entre ideas del modelo distintas a lo largo del eje X: naturaleza de la energía, transferencia de energía, degradación y conservación de la energía. Junto a cada estadio se presenta el porcentaje de estudiantes que declara que los enseñaría.

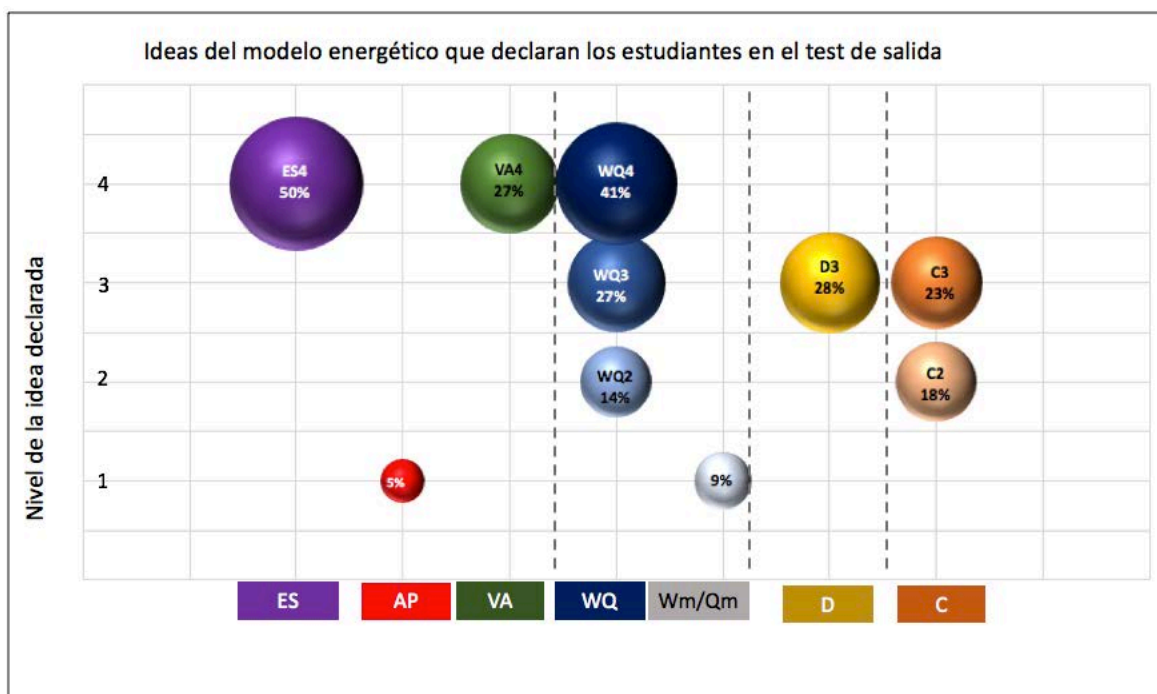


Figura 105. Resumen de ideas del modelo de energía que los estudiantes mencionan en el test de salida.

Al comparar las respuestas que declaran los futuros profesores en el test de entrada versus el test de salida se puede interpretar que la SEA contribuyó en hacerlos más conscientes de cuáles son las ideas del MCE de energía que deben ser enseñadas en la escuela para que los estudiantes puedan comprender y explicar diversos fenómenos. Las ideas respecto a la naturaleza de la energía son mencionadas en su estadio más alto en un 41% al igual que las ideas sobre transferencia de la energía con un 41%, mientras que los niveles de las ideas de conservación y degradación no alcanzan los niveles más sofisticados, aunque experimentan un aumento en el número de estudiantes que las mencionan. También es

interesante el aumento en el porcentaje de estudiantes que señala la subidea valor absoluto de la energía y de aquellos que mencionan otras subideas (aunque no detalladas) que en el test de entrada no fueron mencionadas. Con estos resultados no podemos hablar de una comprensión de las ideas, sin embargo, que no mencionen ciertas ideas puede reflejar alguna dificultad en la comprensión de estas.

La Figura 106 permite contrastar las declaraciones de los estudiantes en el test de entrada versus el test de salida. Con una línea punteada (del color de la idea del modelo) separamos la idea mencionada por los estudiantes en el test de entrada y salida. La línea discontinua de color gris oscuro separa a las ideas naturaleza de la energía (tonos morados), transferencia de la energía (tonos azules), degradación de la energía (tonos amarillos) y conservación de la energía (tonos naranjos). Las esferas verdes y rojas situadas junto a la idea de naturaleza de la energía reflejan las subideas de valor absoluto y aprovechamiento energético correspondientemente; mientras que la esfera gris clara situada junto a la idea de transferencia de la energía representa a la subidea de calor y trabajo microscópico. La esfera roja de aprovechamiento (AP) y la gris de trabajo y calor microscópico (Wm/Qm) fueron situadas en el estadio 1 por ser mencionadas sin especificar aspectos que permitan situarlas en un estadio. La flecha continua de color negro representa la tendencia de los estudiantes (donde hay un mayor porcentaje de alumnos) desde el test de entrada al de salida.

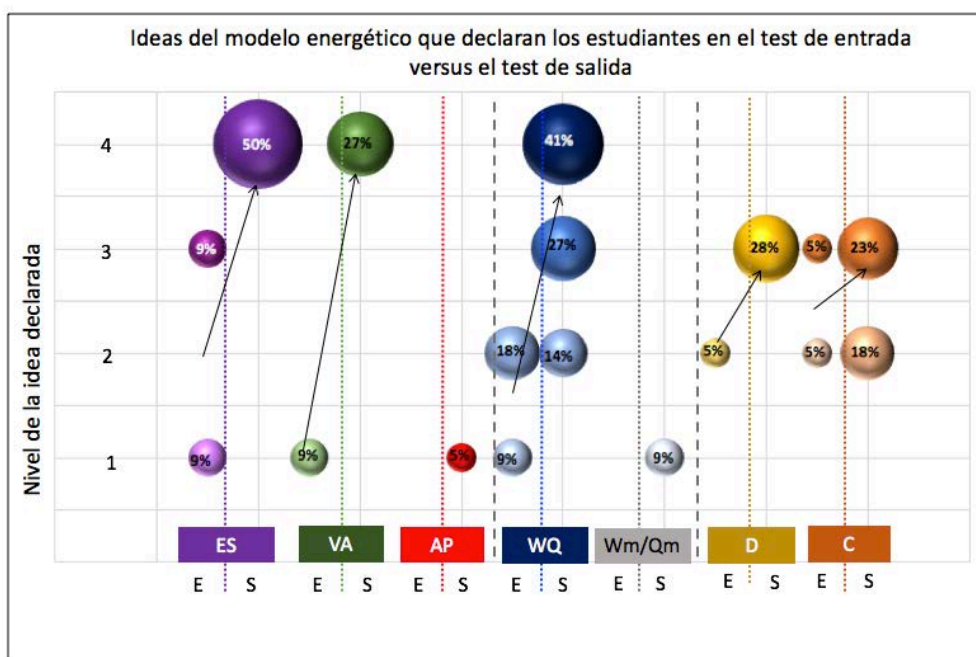


Figura 106. Contraste de ideas del modelo de energía declaradas por los estudiantes en test de entrada y salida.

4.1.6. Niveles de dominio del MCE de energía declarado por los futuros profesores en el test de salida

Anteriormente hemos identificado el nivel de dominio de las ideas del MCE de energía que se evidencian en las producciones de los futuros profesores en un momento inicial y final, respecto al grado de sofisticación o coherencia del MCE de energía y del tipo de modelo que construyen. De este modo, pudimos identificar a los estudiantes que presentaron un grado alto, medio, básico o bajo de coherencia o sofisticación con el MCE de energía y a los estudiantes que presentaron un modelo equilibrado, incompleto o altamente incompleto de energía. También, en el apartado 4.1.5 hemos graficado los MCE de energía globales que declaran los futuros profesores antes de la implementación de la SEA y posterior a esta. Identificamos que los futuros profesores dan relevancia a la enseñanza sobre todo de aspectos relacionados con las ideas de naturaleza de la energía (50%) y transferencia de la energía (41%) en un momento final.

Teniendo estos antecedentes y tomando como referencia el nivel de dominio final del MCE de energía de los estudiantes, procedemos a comparar estos niveles de dominio de las ideas del MCE de energía con los niveles de dominio declarado del MCE de energía en una pregunta abierta realizada en el test de salida. Esto con la intención de identificar si existe alguna coherencia entre el modelo de energía que han construido con la implementación de la SEA y el MCE que declaran que enseñarían en su próximo quehacer docente.

Es importante señalar, que los niveles de dominio del MCE declarado no reflejan lo que los estudiantes saben o las ideas del MCE que han construido con la SEA, pero si nos permiten realizar un contraste entre aspectos que pertenecen a los conocimientos del contenido que un profesor debe tener para ejercer (en este caso un dominio del MCE de energía) y aspectos de los conocimientos didácticos del contenido que pueden haber ido desarrollando a lo largo de la SEA (MCE de energía que enseñarían, dificultades en el aprendizaje de este modelo, etc.), conocimiento tan importante como el conocimiento del contenido y que todo futuro profesor debe ir desarrollando.

Durante el análisis de los resultados de la implementación del test de salida, hemos detectado que no todos los estudiantes mencionan aspectos del MCE de energía que enseñarían en sus respuestas, por lo tanto, puede existir algún estudiante que no tenga un nivel de dominio declarado.

Para conocer los niveles de dominio del MCE de energía declarado, presentaremos los resultados siguiendo la misma clasificación realizada para el nivel de dominio del MCE en el momento inicial y final. Es decir, realizaremos una clasificación de los estudiantes que presentan un grado alto, medio, básico o bajo de sofisticación de las ideas del MCE de energía que declaran y también los clasificaremos según su tipo de modelo: equilibrado, incompleto o altamente incompleto que se infiera de sus declaraciones. Posteriormente compararemos estos resultados con los niveles de dominio del MCE en un momento final.

4.1.6.1. Grado de sofisticación del MCE de energía declarado por los futuros profesores en el test de salida

El grado más sofisticado en el test de salida fue asociado al estudiante A1, quien evidencia un grado alto de coherencia en sus ideas del MCE de energía declarado. Estudiante declara que enseñaría aspectos relacionados con la idea de naturaleza de la energía encontrados en su nivel más alto (ES4), aspectos relacionados con la transferencia de energía encontrándose en sus producciones que menciona los mecanismos de trabajo y calor (WQ4). Además incluye en su declaración aspectos de las ideas de conservación y degradación de la energía en los estadios C3 y D3, tal como se puede apreciar en su respuesta: A1 “Que la energía no se posee ni está en los cuerpos, al igual que la fuerza. Que los tipos de energía se pueden englobar en dos (cinética y potencial). Que la energía no es creada y que tampoco se pierde, solo se transfiere y degrada. Que la energía se asocia a los estados del sistema y a los cambios, a través de calor y trabajo”. Es el único estudiante que declara todas las ideas del MCE en un estadio sofisticado.

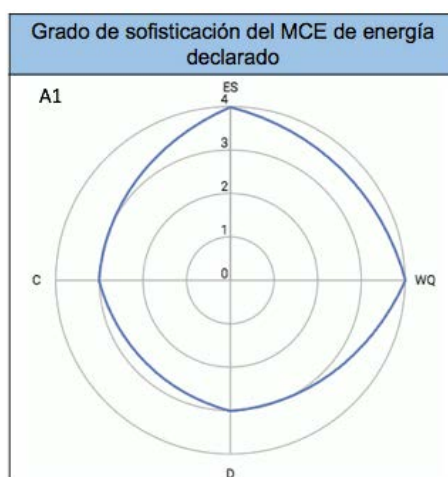


Figura 107. Grado de sofisticación de las ideas del MCE de energías declaradas por el estudiante A1.

Con un grado de sofisticación y coherencia medio de las ideas del MCE de energía declarado, hemos clasificado a 5 estudiantes (A6, A10, A13, A16 y A21). En la Figura 108 podemos observar que los estudiantes A6, A13 y A16 declaran aspectos en sus producciones donde dos ideas se encuentran en el estadio 4, una idea en el estadio 3 y no mencionan una idea del MCE. En el caso de los estudiantes A6, A13 y A16 mencionan aspectos relacionados con las ideas de la naturaleza de la energía y la transferencia de la energía en el estadio 4, pero la diferencia entre ellos es que A6 y A13 mencionan aspectos relacionados con de la idea de degradación de la energía en el estadio 3 y A16 aspectos de la conservación de la energía en el estadio 3. Un ejemplo de respuesta es: A16 *“la energía no es algo tangible que está en los cuerpos. La energía no es absoluta, sino que depende de la configuración del sistema (características). Deberían identificar las formas en las que se transfiere la energía (trabajo y calor), la idea de cambios, que se conserva, pero se disipación y aprovechamiento de la energía”*.

Por otra parte, el estudiante A10 declara que enseñaría aspectos de la idea de naturaleza de la energía encontrándose en el estadio 4 y además incluye en su declaración aspectos de la conservación y degradación de la energía en el estadio 3, tal como se puede apreciar en su respuesta: A10 *“No se puede determinar la energía absoluta, solo podemos medir variaciones asociadas a cambios en un estado. En sistemas aislados la energía se conserva, pero en la vida real no existen sistemas totalmente aislados. Aunque la energía se conserve se degrada”*. Este estudiante no menciona aspectos en torno a la transferencia de energía.

El estudiante A21 declara que enseñaría aspectos que se asocian a las ideas de transferencia, conservación y degradación de la energía en el estadio 3, tal como se puede apreciar en su respuesta A21 *“la energía se conserva, se degrada y se transfiere y que identifiquen que en calor es un mecanismo de transferencia de energía y no de temperatura”*. Este estudiante no menciona la idea de naturaleza de la energía.

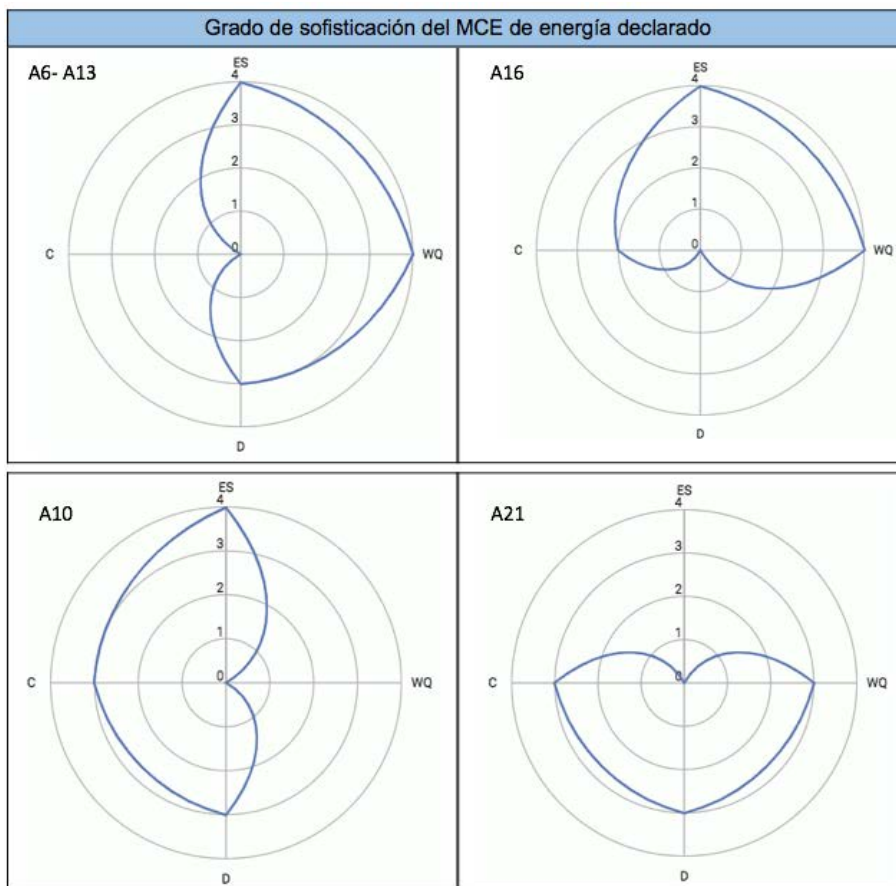


Figura 108. Grado de sofisticación de las ideas del MCE de energías declaradas por los estudiantes A6, A10, A13, A16 y A21.

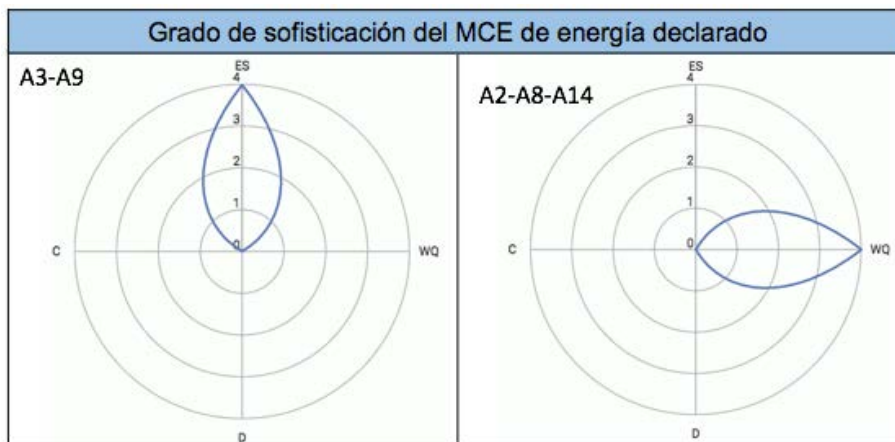
Con un grado de sofisticación y coherencia bajo de las ideas del MCE de energía declarado, hemos clasificado a 14 estudiantes (A2, A3, A4, A5, A7, A8, A9, A11, A12, A14, A15, A17, A18 y A20). En la Figura 109 podemos observar que los estudiantes A4, A7 y A15 son los que declaran ideas del MCE más sofisticadas en relación con los demás estudiantes de este grupo. Los estudiantes A4 y A7 mencionan aspectos de la naturaleza y transferencia de la energía que se asocian a los estadios 4 y 3, mientras que el estudiante A15 que menciona aspectos de las ideas de transferencia y conservación de la energía que se asocian a los estadios 4 y 3. Un ejemplo de respuesta sería: A4 *“Enseñaría que la energía está relacionada a cómo está un sistema. Existen solo dos tipos. Que el calor es un mecanismo de transferencia de energía. No se puede cuantificar la energía de un objeto”*.

Los estudiantes A17 y A20 tienen un comportamiento similar que el de los estudiantes A4 y A17, pero en este caso mencionan aspectos de la transferencia de la energía que se asocian al estadio 2. Por otra parte, el estudiante A5 tiene un comportamiento similar con A15, pero en sus declaraciones se infieren ideas de la conservación de la energía en el

estadio 2. Un ejemplo de respuesta es la del estudiante: A5 “*deberían aprender por qué en nuestro sistema la energía no logra conservarse, la errónea frase transferencia de calor. Conocer los 2 tipos principales de energía. Identificar los dos tipos de transferencia de energía y dónde están presentes*”.

Los estudiantes A2, A8 y A14 dan evidencia de un bajo nivel del MCE de energía declarado al mencionar aspectos en torno a la idea de transferencia de la energía que se asocian al estadio 4, pero no se encuentran aspectos relacionados a otras ideas del MCE de energía. De manera análoga, los estudiantes A3 y A9 declaran aspectos que asociamos a la idea de naturaleza de la energía en el estadio 4 y tampoco mencionan aspectos asociados a otras ideas del MCE. Un ejemplo de este tipo de declaraciones sería: A2 “*que comprendan la diferencia entre calor y trabajo con el concepto de energía. El calor y trabajo como mecanismo de transferencia de energía. Comprensión del modelo a nivel macro y micro y que identifiquen alzas de temperatura con trabajo y disminuciones de esta con calor*”.

Los estudiantes A18 y A12 tienen un comportamiento similar al de los estudiantes A2, A8 y A14 al inferirse de sus respuestas aspectos relacionados con la transferencia de la energía, pero en este caso asociada al estadio 3, es decir, mencionando aspectos relacionados solo con uno de los mecanismos de transferencia de energía. Por ejemplo: A12 “*... que identifiquen que el calor es un mecanismo de transferencia de energía y no una forma de energía*”. Finalmente, el estudiante A11 declara aspectos a enseñar respecto a la energía que se asocian a las ideas de conservación y degradación de la energía en el estadio 3.



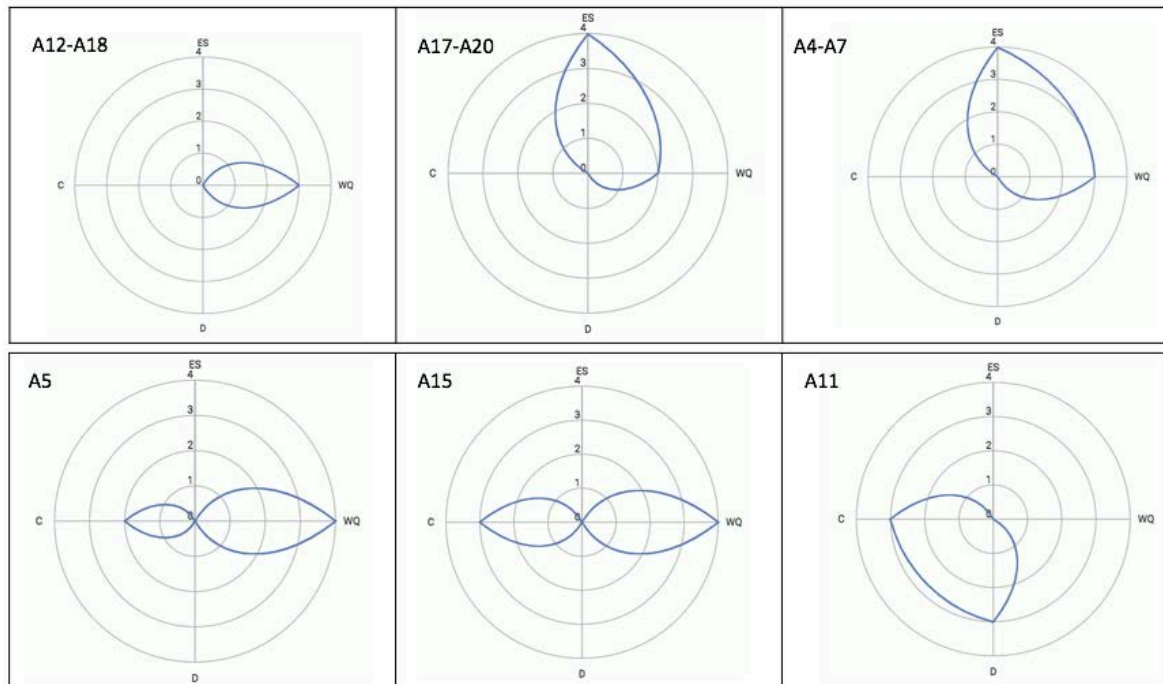


Figura 109. Grado de sofisticación de las ideas del MCE de energías declaradas por los estudiantes A2, A3, A4, A5, A7, A8, A9, A11, A12, A14, A15, A17, A18 y A20.

4.1.6.1. Tipo de modelo de energía declarado por los futuros profesores en el test de salida

En las respuestas del test de salida y a partir del análisis de estas, hemos encontrado más tipos de modelo de energía que los inferidos de las producciones de los estudiantes en el momento inicial o final. En este caso se encuentra la presencia de un tipo de modelo equilibrado, un tipo de modelo incompleto: que obvia la naturaleza de la energía, que obvia la transferencia de la energía, que obvia la degradación de la energía y que obvia la conservación de la energía, así como modelos altamente incompletos.

En el tipo de modelo equilibrado hemos clasificado a 1 estudiante que en sus declaraciones menciona que enseñaría aspectos de todas las ideas del MCE en estadios sofisticados. Estos aspectos se asocian a estadios en un mismo nivel o niveles similares. En la Figura 110 podemos observar que el estudiante A1 declara aspectos que se relacionan con las ideas de naturaleza de la energía y transferencia de la energía en el estadio 4, así como aspectos en torno a la conservación y degradación de la energía en el estadio 3, observándose un modelo redondeado.

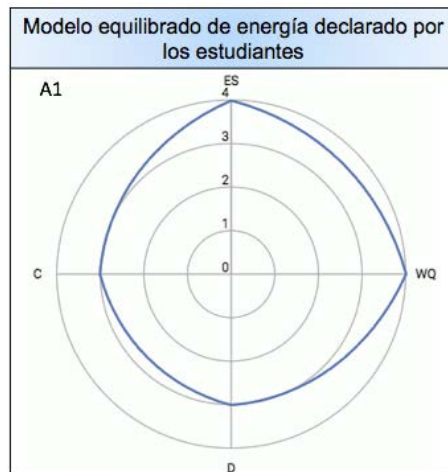


Figura 110. Tipo de modelo inferido de las declaraciones del estudiantes A1

En el tipo de modelo incompleto hemos clasificado a 5 estudiantes. De este grupo, los estudiantes A6 y A13 mencionan en sus declaraciones aspectos en torno a las ideas de naturaleza de la energía, transferencia de la energía y degradación de la energía en estadios sofisticados del MCE de energía, pero en sus declaraciones obvia aspectos relacionados con la conservación de la energía.

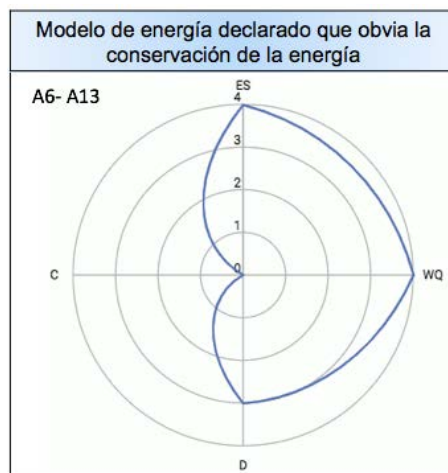


Figura 111. Tipo de modelo inferido de las declaraciones de los estudiantes A6 y A13.

Por otra parte, el estudiante A16 menciona en sus declaraciones aspectos en torno a las ideas de naturaleza de la energía, transferencia de la energía y conservación de la energía en estadios sofisticados del MCE de energía, pero en sus declaraciones obvia aspectos relacionados con la degradación de la energía.

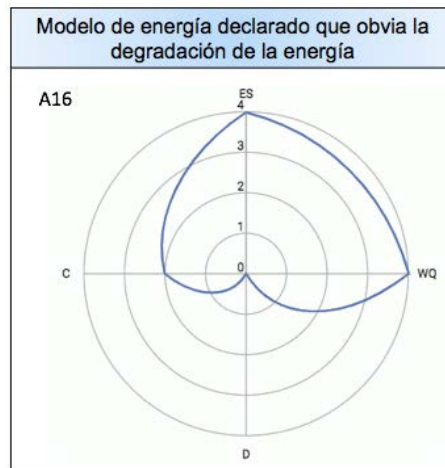


Figura 112. Tipo de inferido de las declaraciones del estudiantes A16.

El estudiante A10 menciona en sus declaraciones aspectos en torno a las ideas de naturaleza de la energía, degradación de la energía y conservación de la energía en estadios sofisticados del MCE de energía, pero en sus declaraciones obvia aspectos relacionados con la transferencia de la energía.

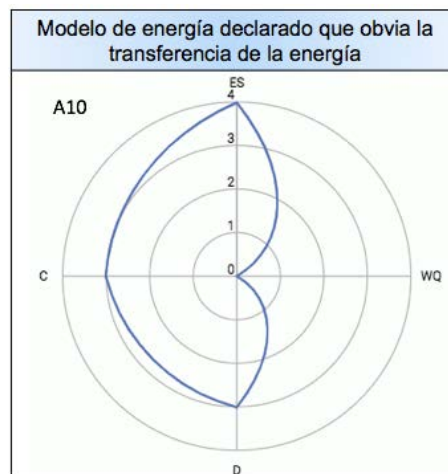


Figura 113. Tipo de modelo inferido de las declaraciones del estudiantes A10.

El estudiante A21 menciona en sus declaraciones aspectos en torno a las ideas de transferencia de la energía, degradación de la energía y conservación de la energía en estadios sofisticados del MCE de energía, pero en sus declaraciones obvia aspectos relacionados con la naturaleza de la energía.

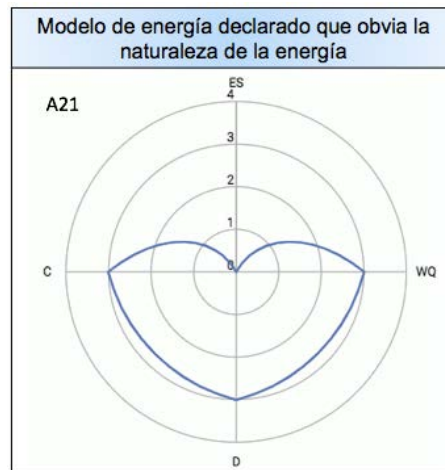


Figura 114. Tipo de modelo inferido de las declaraciones del estudiantes A21.

En el tipo de modelo altamente incompleto hemos clasificado a 14 estudiantes (A2, A3, A4, A5, A7, A8, A9, A11, A12, A14, A15, A17, A18 y A20). De este grupo, los estudiantes A4, A7, A17 y A20 no declaran aspectos asociados a las ideas de degradación y conservación de la energía, pero en el caso de los estudiantes A4 y A7 mencionan aspectos sofisticados en torno a las ideas de naturaleza de la energía y transferencia de la energía.

De manera análoga también no mencionando aspectos en torno a dos ideas del MCE, los estudiantes A5 y A15 no consideran en sus declaraciones aspectos de las ideas de naturaleza de la energía y degradación de la energía, pero mencionan aspectos sofisticados en torno a la idea de transferencia de la energía. Y el estudiante A11 realiza declaraciones de las que no se infieren aspectos relacionados con las ideas de naturaleza de la energía y transferencia de la energía. Este estudiante menciona aspectos relacionados con las ideas de degradación y conservación de la energía en el estadio 3.

Dentro de este grupo, los estudiantes A2, A3, A8, A9, A12, A14 y A18 realizan declaraciones en las que se obvian tres ideas del MCE. De este grupo, los estudiantes A2, A8, A12, A14 y A18 realizan declaraciones de las que se infieren aspectos sofisticados respecto a la idea de transferencia de la energía. Mientras que los estudiantes A3 y A9 realizan declaraciones en las que enfatizan la enseñanza de aspectos sofisticados relacionados con la idea de naturaleza de la energía.

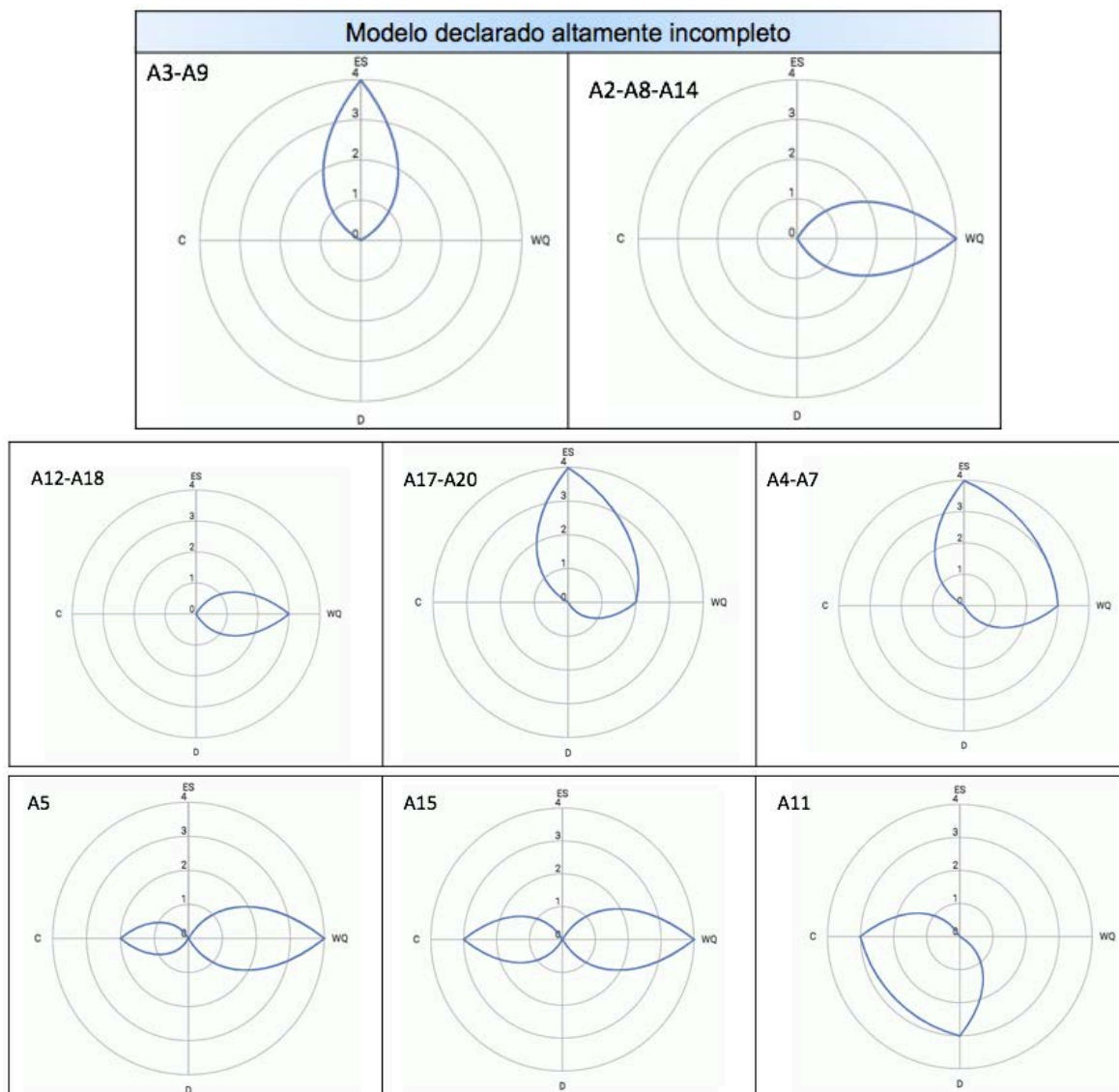


Figura 115. Tipo de modelo inferido de las declaraciones de los estudiantes A2, A3, A4, A5, A7, A8, A9, A11, A12, A14, A15, A17, A18 y A20.

4.1.7. Contraste entre el nivel de dominio del MCE de energía y el nivel de dominio del MCE de energía declarado por los futuros profesores

Conociendo los niveles de dominio de las ideas del MCE en un momento final y los niveles de dominio del MCE declarado por los estudiantes, procedemos a presentar una comparativa de estos aspectos para cada estudiante. Iremos mostrando los resultados, comenzando con los estudiantes que mostraron evidencia en sus producciones de un nivel de dominio final alto y un modelo equilibrado en un momento final.

Los estudiantes A4 y A10 dieron evidencia, en un momento final, en sus producciones de un dominio de las cuatro ideas del MCE en los estadios más sofisticados (ES4, WQ4, D4 y C4) y de un modelo equilibrado de energía, sin embargo, en sus declaraciones el estudiante A4 muestra un grado de sofisticación bajo del MCE declarado y un modelo altamente incompleto. Mientras que el estudiante A10 un grado de sofisticación medio del MCE declarado y un modelo incompleto que obvia la transferencia de la energía.

El estudiante A4 realiza declaraciones de las que se infieren aspectos sofisticados de la idea de naturaleza de la energía y de la transferencia de la energía, mientras que de las declaraciones del estudiante A10 se infieren aspectos sofisticados de las ideas de naturaleza de la energía, de la conservación de la energía y de la degradación de la energía. A pesar de que declaran ideas del MCE menos sofisticadas y omiten algunas, sus respuestas son coherentes con sus construcciones del MCE debido a que no pretenden enseñar ideas que no han comprendido.

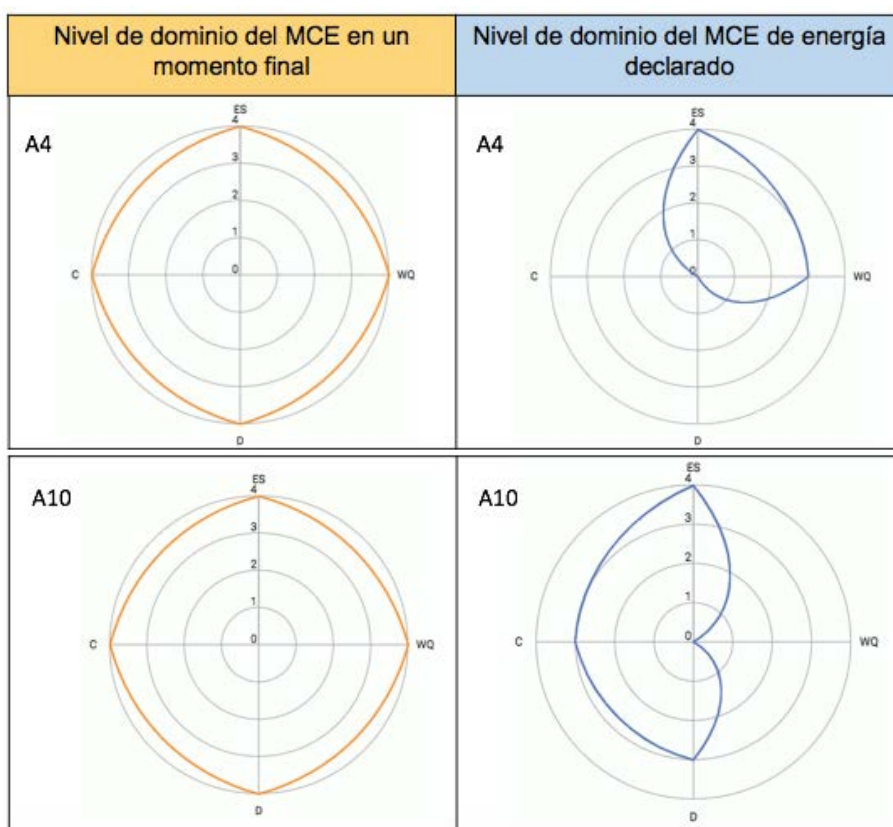
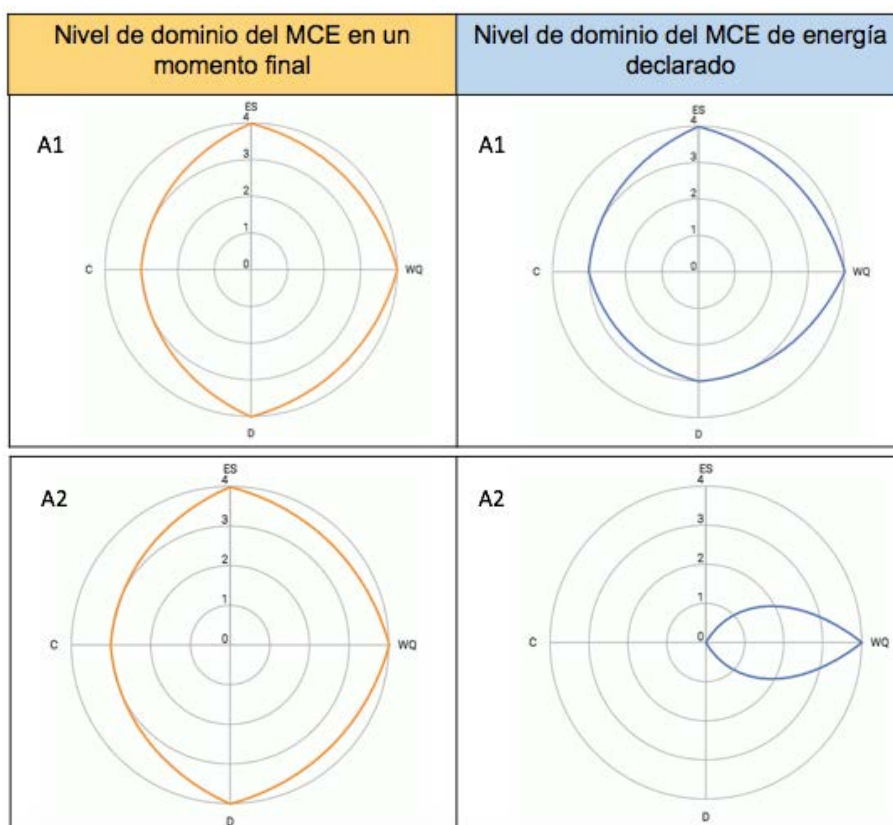


Figura 116. Contraste entre el nivel de dominio del MCE con el nivel de dominio del MCE declarado por los estudiantes A4 y A10.

Los estudiantes A1, A2 y A9 dieron evidencia, en un momento final, en sus producciones de un dominio de las cuatro ideas del MCE en los estadios más sofisticados (ES4, WQ4, D4 y C3) y de un modelo equilibrado de energía. En sus declaraciones el estudiante A1 muestra un grado de sofisticación alto del MCE declarado y un modelo equilibrado. Mientras que los estudiante A2 y A9 muestran en sus declaraciones un grado de sofisticación bajo y un modelo altamente incompleto del MCE.

El estudiante A1 muestra un nivel de dominio del MCE en un momento final coherente con el nivel de dominio del MCE declarado. Sin embargo, los estudiantes A2 y A9 realizan declaraciones en las que se obvian aspectos de tres ideas del MCE.

A pesar de que los estudiantes A2 y A9 declaran ideas del MCE menos sofisticadas y omiten algunas, en sus respuestas no plasman aspectos o ideas a enseñar que no han comprendido.



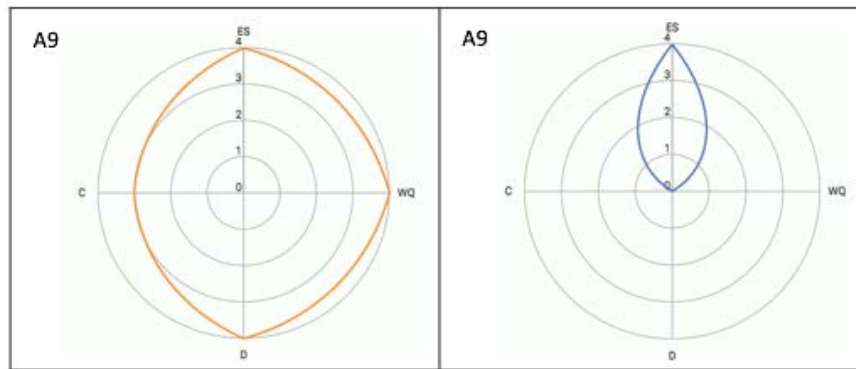


Figura 117. Contraste entre el nivel de dominio del MCE con el nivel de dominio del MCE declarado por los estudiantes A1, A2 y A9.

Los estudiantes A3, A6 y A8 dieron evidencia, en un momento final, en sus producciones de un dominio de las cuatro ideas del MCE en los estadios más sofisticados y de un modelo equilibrado de energía. En sus declaraciones el estudiante A6 muestra un grado de sofisticación medio del MCE declarado y un modelo incompleto que obvia la conservación de la energía. Mientras que los estudiante A3 y A8 muestran en sus declaraciones un grado de sofisticación bajo y un modelo altamente incompleto del MCE.

Los estudiantes A3 y A8 realizan declaraciones de las que se infieren solo aspectos de las ideas del MCE de naturaleza de la energía y transferencia de la energía respectivamente, mientras que el estudiante A6 es el que tiene un nivel de dominio del MCE final más coherente con el nivel de dominio del MCE declarado solo que en su declaración obvia aspectos en torno a la conservación de la energía. A pesar de que los estudiantes declaran ideas del MCE menos sofisticadas y omiten algunas, sus respuestas son coherentes con sus construcciones del MCE debido a que no pretenden enseñar ideas que no han comprendido. A excepción del estudiante A8 quien realiza declaraciones de las que se infiere que enseñaría aspectos en torno a la transferencia de la energía en su estadio más sofisticado que las que construyó.

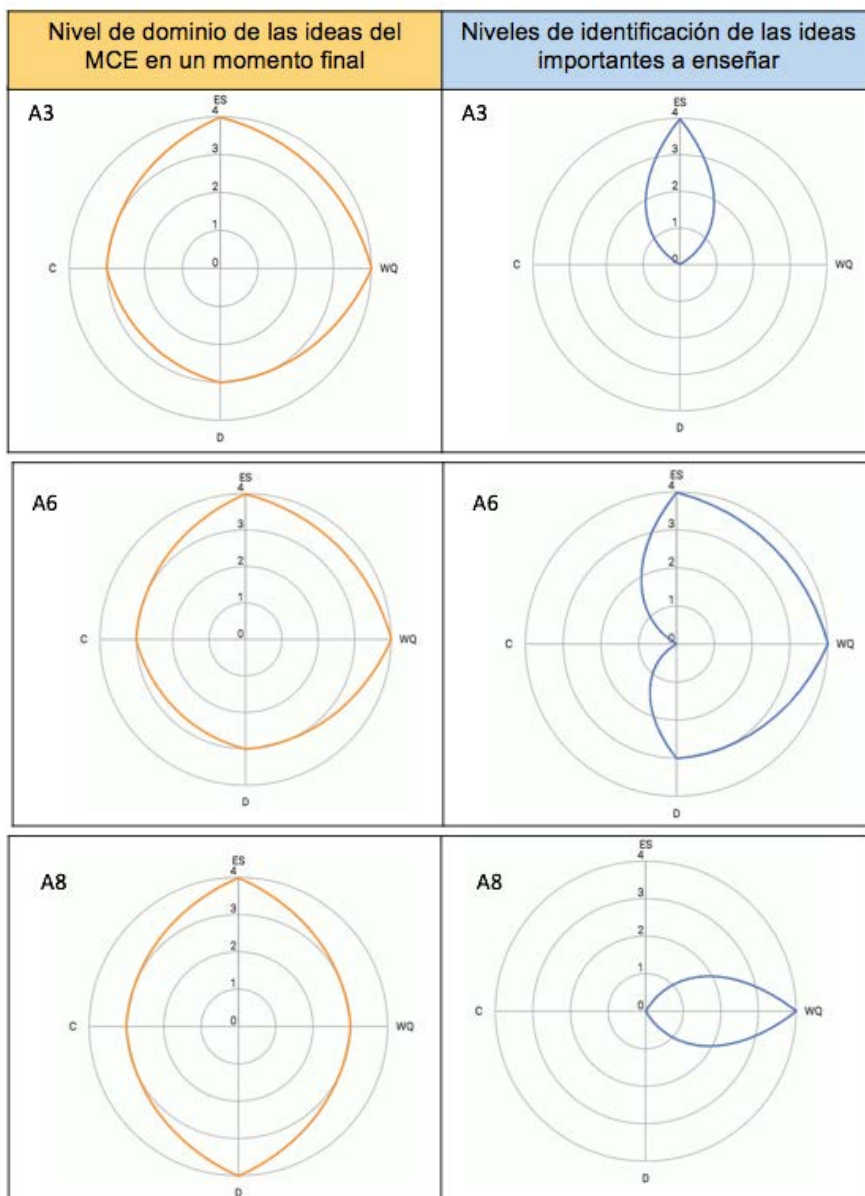


Figura 118. Contraste entre el nivel de dominio del MCE con el nivel de dominio del MCE declarado por los estudiantes A3, A6 y A8.

Los estudiantes A7, A12 y A19 dieron evidencia, en un momento final, en sus producciones de un dominio alto del MCE (ES4, WQ4, D3 y C2) y de un modelo equilibrado de energía. En sus declaraciones los estudiantes A7 y A12 muestran un grado de sofisticación bajo del MCE declarado y un modelo altamente incompleto. Mientras que el estudiante A19 no responde la pregunta que nos permite inferir su MCE declarado.

El estudiante A7 realiza declaraciones de las que se infiere que enseñaría aspectos sofisticados en torno a la naturaleza de la energía y la transferencia de la energía, mientras que el estudiante A12 menciona aspectos del MCE que se relacionan con la idea

transferencia de la energía. A pesar de que los estudiantes declaran ideas del MCE menos sofisticadas y omiten algunas, en su MCE declarado no pretenden enseñar ideas que no han comprendido.

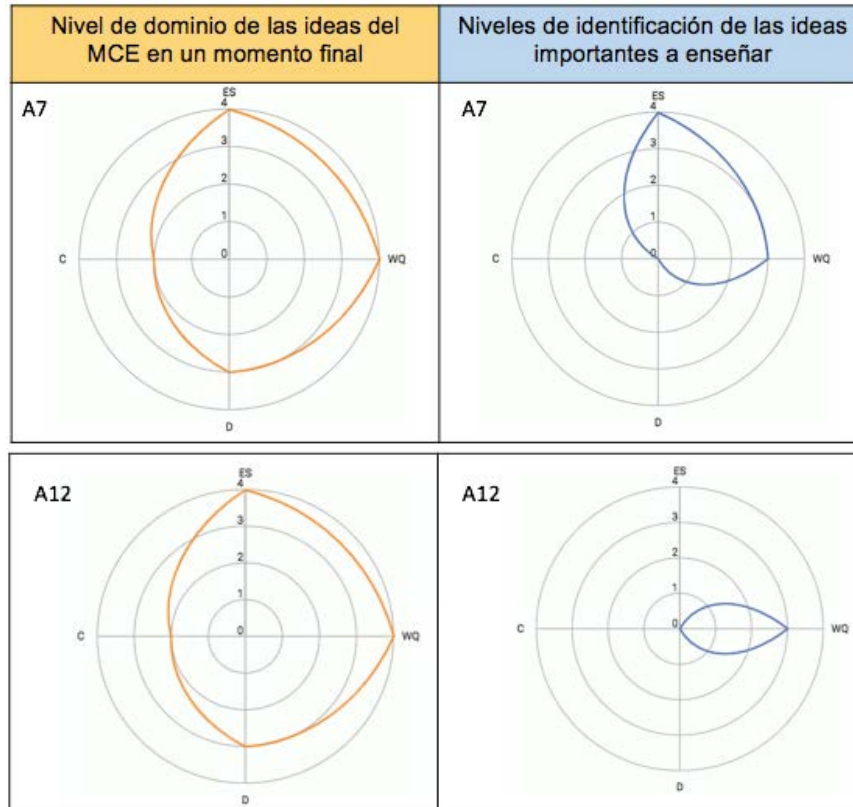


Figura 119. Contraste entre el nivel de dominio del MCE con el nivel de dominio del MCE declarado por los estudiantes A7 y A12.

Los estudiantes A13, A15 y A11 dieron evidencia, en un momento final, en sus producciones de un dominio alto del MCE y de un modelo equilibrado de energía. En sus declaraciones los estudiantes A15 y A11 muestran un grado de sofisticación bajo del MCE declarado y un modelo altamente incompleto. Mientras que el estudiante A13 muestra un grado de sofisticación medio y un modelo incompleto que obvia la conservación de la energía.

Los estudiantes A15 y A11 realizan declaraciones de las que se infiere que enseñarían aspectos del MCE de energía menos sofisticados que los que han construido. Mientras que el estudiante A13 realiza declaraciones de las que se infieren aspectos del MCE que coinciden con el modelo construido (WQ4 y D3), pero también se infieren aspectos en torno a la naturaleza de la energía más sofisticados que los que ha construido.

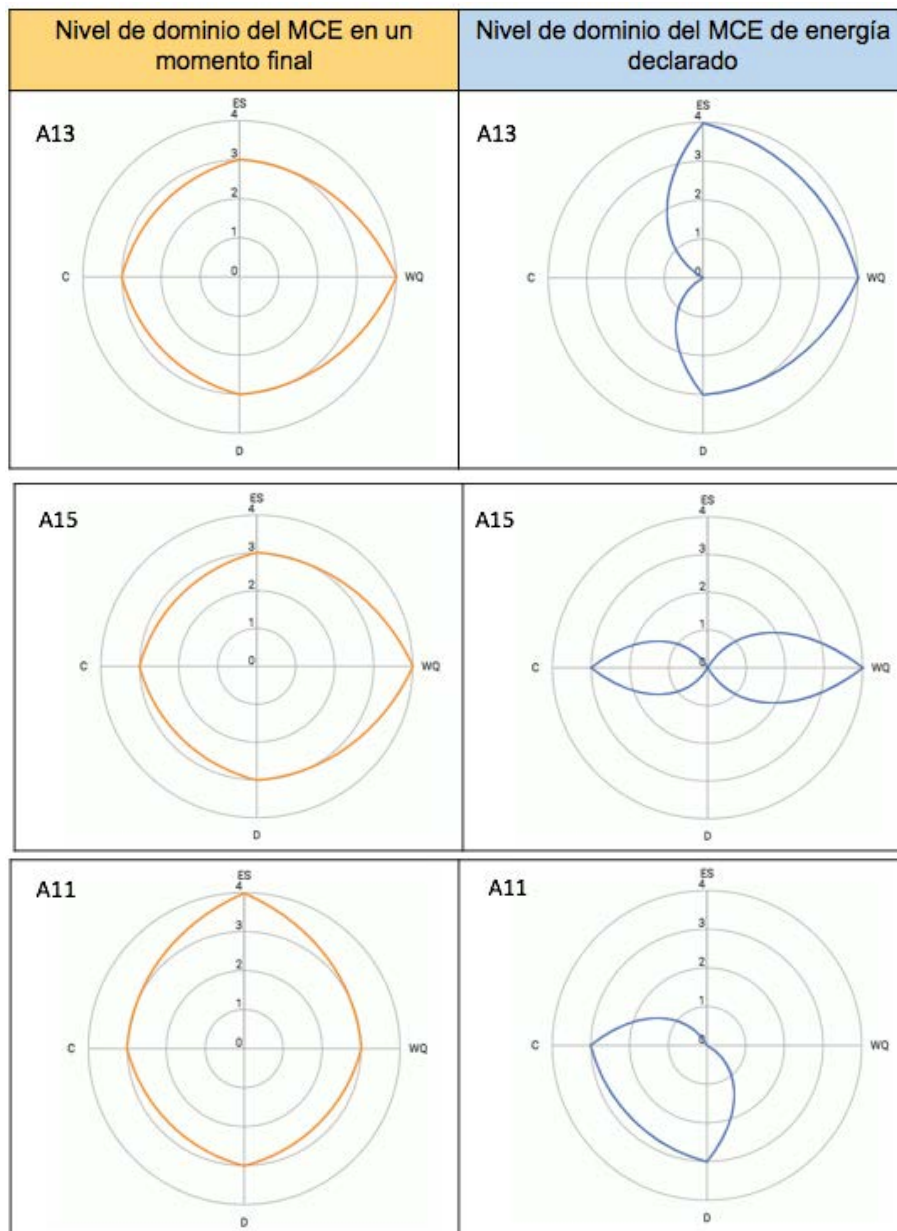


Figura 120. Contraste entre el nivel de dominio del MCE con el nivel de dominio del MCE declarado por los estudiantes A13, A15 y A11.

Los estudiantes A5, A14 y A18 dieron evidencia, en un momento final, en sus producciones de un dominio alto del MCE y de un modelo equilibrado de energía. De estos tres estudiantes, el estudiante A5 es que presentó más dificultades en la construcción de ideas sofisticadas del MCE y un modelo equilibrado menos regular que el de sus pares. En sus declaraciones los tres estudiantes muestran un grado de sofisticación bajo del MCE declarado y un modelo altamente incompleto.

El estudiante A18 realizó declaraciones, en el test de salida, de las que se infiere solo la idea de transferencia de la energía en estadio 3. Del mismo modo, el estudiante A14 realizó declaraciones de las que se infiere solo la idea de transferencia de la energía en estadio 4. Mientras que el estudiante A5 realizó declaraciones en las que se evidencian algunas contradicciones entre lo que declara que enseñaría y su MCE construido. Este estudiante señala aspectos de los que se infieren ideas relacionadas con la transferencia de la energía que coinciden con su construcción, pero declara que enseñaría aspectos de carácter más sofisticado, en relación con la idea de conservación, que los que construye.

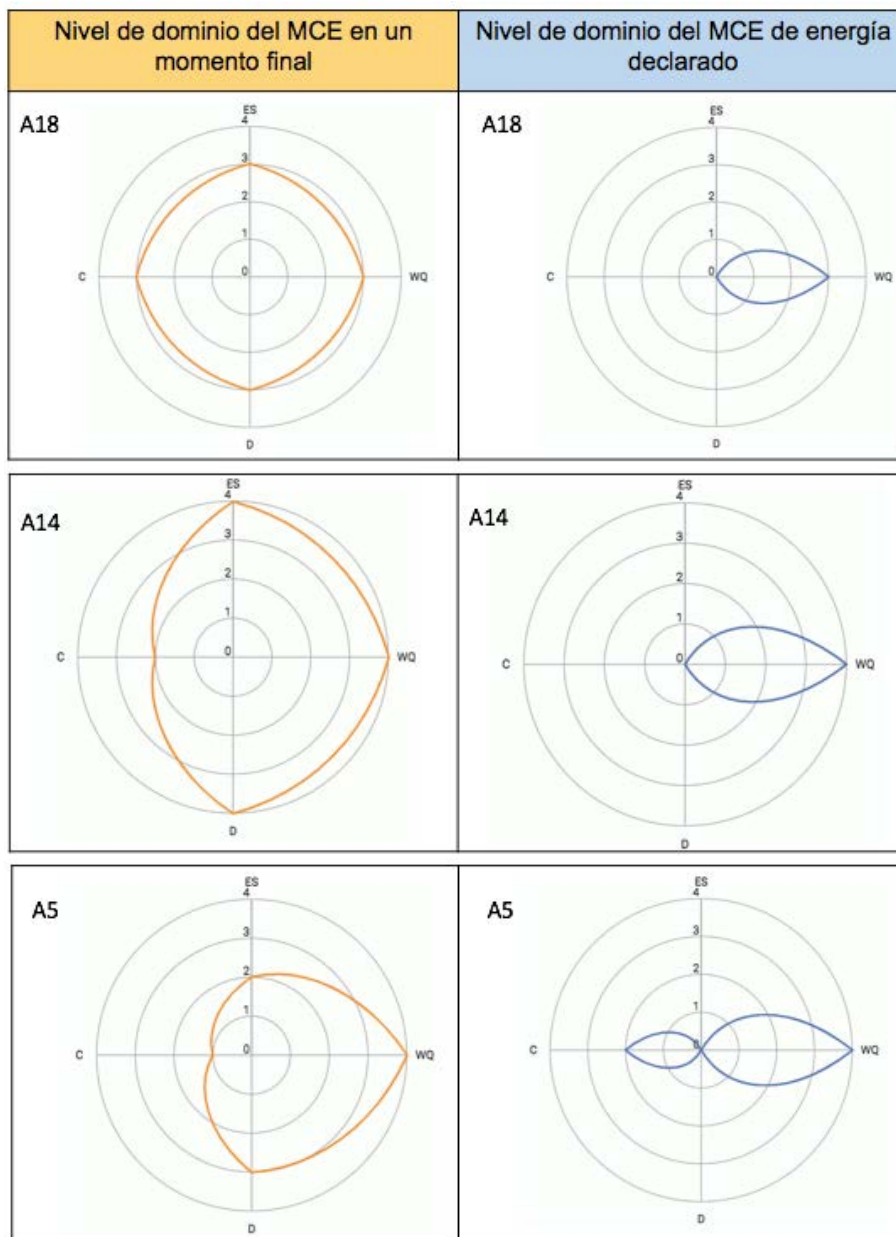


Figura 121. Contraste entre el nivel de dominio del MCE con el nivel de dominio del MCE declarado por los estudiantes A18, A14 y A5.

Los estudiantes A16 y A7 dieron evidencia, en un momento final, en sus producciones de un dominio medio del MCE y de un modelo incompleto que obvia la conservación de la energía. En sus declaraciones el estudiante A16 muestra evidencias de un grado de sofisticación medio del MCE declarado y de un modelo incompleto que obvia la degradación de la energía. Mientras que el estudiante A17 muestra evidencias de un grado de sofisticación bajo del MCE declarado y de un modelo altamente incompleto.

Los estudiantes A16 y A17 dan evidencia en sus producciones finales de un dominio de tres ideas del MCE (ES4, WQ3, D3), pero muestran complejidad en la construcción de la idea de conservación de la energía. De sus declaraciones del test de salida, se infiere que el estudiante A16 enseñaría aspectos de la conservación de la energía que no logra construir con la SEA, pero el resto de las ideas que se infieren son coherentes con su aprendizaje. Mientras que el estudiante A17 realiza declaraciones de las que se infiere que enseñaría aspectos de la naturaleza de la energía y de la conservación de la energía inferiores a los que construyó con la SEA.

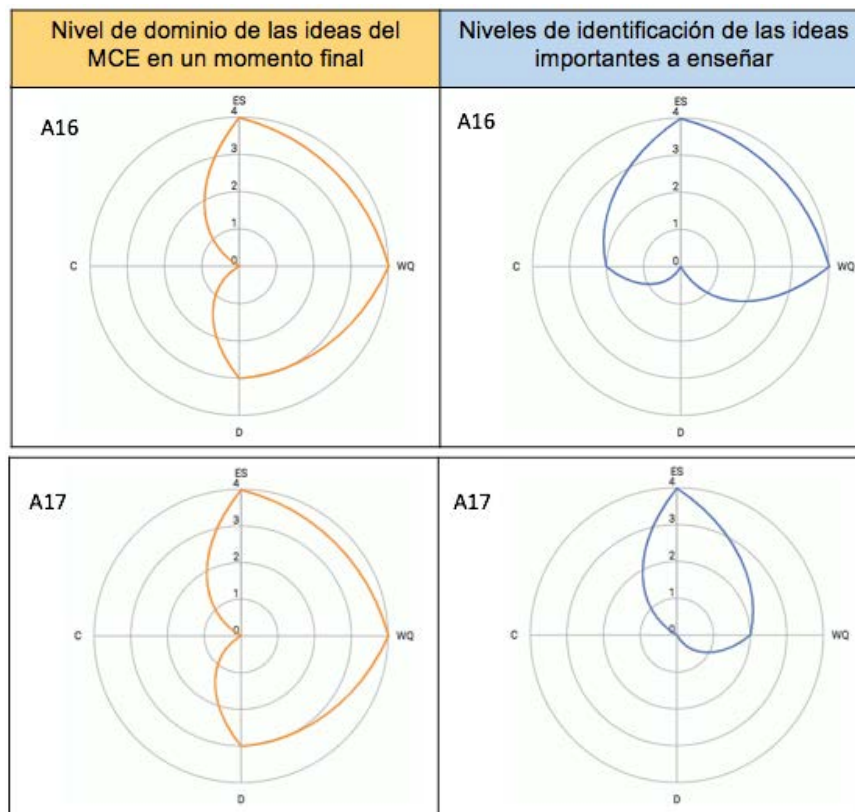


Figura 122. Contraste entre el nivel de dominio del MCE con el nivel de dominio del MCE declarado por los estudiantes A16 y A17.

Finalmente, los estudiantes A20 y A21 dieron evidencia, en un momento final, en sus producciones de un dominio medio del MCE y de un modelo incompleto que obvia la conservación de la energía. En sus declaraciones el estudiante A20 muestra evidencias de un grado de sofisticación bajo del MCE declarado y de un modelo altamente incompleto. Mientras que el estudiante A21 muestra evidencias de un grado de sofisticación medio del MCE declarado y de un modelo incompleto que obvia la naturaleza de la energía.

El estudiante A20 realiza declaraciones de las que se infiere que enseñaría aspectos de la idea de naturaleza de la energía más sofisticados que los que construye y aspectos de la transferencia de la energía menos sofisticados que los que construye. Por otra parte, el estudiante A21 realiza declaraciones de las que se infiere que enseñaría aspectos de la idea de conservación de la energía que no construyó con la SEA. También se infiere que enseñaría aspectos más sofisticados en torno a la degradación de la energía que los que construyó.

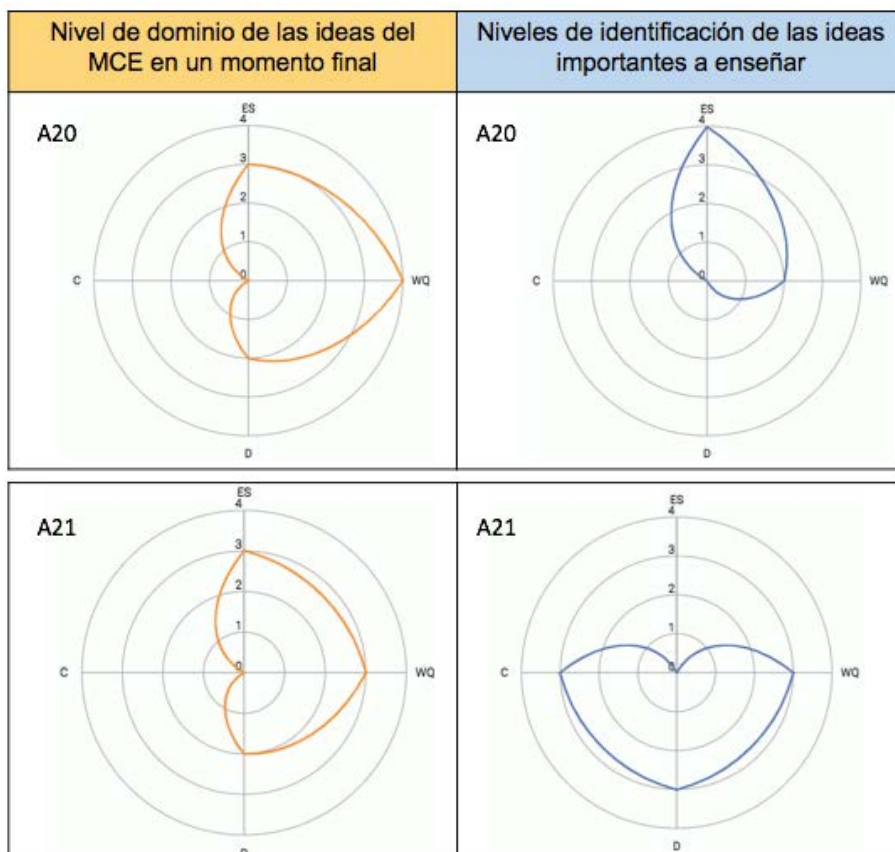


Figura 123. Contraste entre el nivel de dominio del MCE con el nivel de dominio del MCE declarado por los estudiantes A20 y A21.

4.1.7.1. Análisis de la comparación entre los niveles de dominio final del MCE de energía de los futuros profesores y el nivel de dominio del MCE declarado

Hemos realizado un contraste entre los niveles de dominio del MCE de energía de los futuros profesores en un momento final con los niveles de dominio del MCE declarados en el test de salida, respecto al grado de sofisticación de las ideas del MCE de energía y respecto al tipo de modelo que presentan. Comenzaremos presentando en la Tabla 78 el resumen del nivel de dominio en términos del grado de sofisticación de las ideas del MCE en momento final y en las declaraciones de los estudiantes.

Tabla 78. Grado de sofisticación del MCE de los estudiantes en un momento final y grado de sofisticación del MCE declarado

Estudiantes	Grado de dominio momento final	Grado de dominio declarado
A7	Alto	Bajo
A11	Alto	Bajo
A14	Alto	Bajo
A1	Alto	Alto
A2	Alto	Bajo
A3	Alto	Bajo
A4	Alto	Bajo
A5	Alto	Bajo
A6	Alto	Medio
A8	Alto	Bajo
A12	Alto	Bajo
A15	Alto	Bajo
A9	Alto	Bajo
A10	Alto	Medio
A13	Alto	Medio
A18	Alto	Bajo
A19	Alto	No responde
A17	Medio	Bajo
A21	Medio	Medio
A16	Medio	Medio
A20	Medio	Bajo
A22	Medio	No responde

A partir de la tabla anterior, podemos identificar que del grupo de estudiantes que respondió el test de salida y evidenció un grado alto de sofisticación de las ideas del MCE en un momento final, solo el estudiante A1 realiza declaraciones de las que inferimos un grado alto de sofisticación del MCE declarado. De este mismo grupo un 75% de los estudiantes con un grado de sofisticación alto declaran aspectos asociados a un grado bajo de sofisticación de las ideas de MCE y un 19% de los estudiantes con un grado de sofisticación alto declaran aspectos asociados a un grado medio de sofisticación de las ideas de MCE.

Por otra parte, del grupo de estudiantes que respondió el test de salida y evidenció un grado medio de sofisticación de las ideas del MCE, en un momento final, un 50% da evidencias en sus declaraciones del mismo nivel y un 50% hace referencia a aspectos a enseñar de grado bajo.

A nivel general, un 70% de los estudiantes que contesta el test de salida declara que enseñaría ideas del MCE energía inferiores a las que han construido en la SEA. De este porcentaje solo un 5% da evidencia de un grado de coherencia entre las ideas del MCE construidas y que se infieren de sus declaraciones (A1). En un menor grado un 15% de los estudiantes (A6, A11 y A15) presentan aspectos con coherencia, al coincidir los estadios de los aspectos que se infieren de sus declaraciones con los del MCE de energía construido. Estos estudiantes que mostraron una mayor coherencia entre el grado de sofisticación de las ideas del MCE construido y declarado, en un momento final, pertenecen al grupo de estudiantes con un grado alto de sofisticación del MCE de energía.

Por otra parte, un 30% de los estudiantes declara aspectos que enseñaría, que tienen asociadas ideas del MCE que no han construido (A8, A13, A16, A5, A20 y A21). La idea del MCE no construida que más se infiere en las respuestas del test de salida de los futuros profesores es la de conservación de la energía. Este resultado es coherente con estudios anteriores de Doménech et al. (2013) en los que identifican que la conservación de la energía es uno de los aspectos al que los futuros profesores y profesores en ejercicio le dan más relevancia para la enseñanza. Sin embargo, podemos apreciar que esta valoración no necesariamente implica una comprensión de este aspecto.

Para precisar aspectos del nivel de dominio del MCE respecto al tipo de modelo de energía que evidencian los futuros profesores en un momento final en contraste con el que se infiere de sus declaraciones, presentamos en la Tabla 79 una síntesis de los modelos encontrados.

Tabla 79. *Tipo de modelo de los estudiantes en un momento final y tipo de modelo inferido de sus declaraciones*

Estudiantes	Tipo de modelo en un momento final	Tipo de modelo declarado
A4	Equilibrado	Altamente incompleto
A5	Equilibrado	Altamente incompleto
A7	Equilibrado	Altamente incompleto
A11	Equilibrado	Altamente incompleto
A14	Equilibrado	Altamente incompleto

A2	Equilibrado	Altamente incompleto
A3	Equilibrado	Altamente incompleto
A6	Equilibrado	Incompleto sin C
A10	Equilibrado	Incompleto sin WQ
A15	Equilibrado	Altamente incompleto
A1	Equilibrado	Equilibrado
A8	Equilibrado	Altamente incompleto
A12	Equilibrado	Altamente incompleto
A9	Equilibrado	Altamente incompleto
A13	Equilibrado	Incompleto sin C
A18	Equilibrado	Altamente incompleto
A19	Equilibrado	No responde
A17	Incompleto sin C	Altamente incompleto
A21	Incompleto sin C	Incompleto sin ES
A16	Incompleto sin C	Incompleto sin D
A20	Incompleto sin C	Altamente incompleto
A22	Incompleto sin C	No responde

A partir de la tabla anterior, podemos identificar que del grupo de estudiantes que respondió el test de salida y evidenció modelo equilibrado de energía en un momento final, solo el estudiante A1(6%) realiza declaraciones de las que inferimos un modelo equilibrado de energía. De este mismo grupo un 75% de los estudiantes con modelo equilibrado declaran aspectos asociados a un modelo altamente incompleto, un 13% declara aspectos de un modelo incompleto que obvia la conservación de la energía y un 6% declara aspectos de un modelo incompleto que obvia la transferencia de la energía.

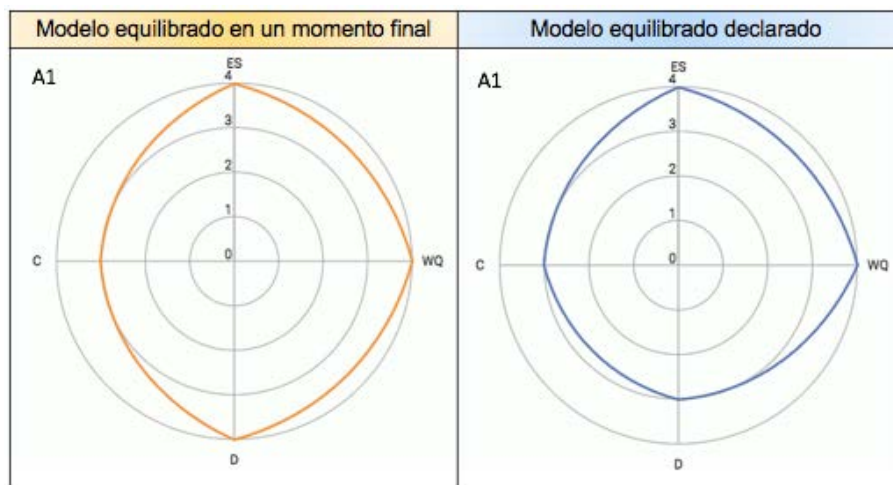


Figura 124. Ejemplo de un tipo de modelo equilibrado en un momento final y equilibrado inferido de sus declaraciones.

Por otra parte, del grupo de estudiantes que respondió el test de salida y evidenció un modelo incompleto que obvia la conservación de la energía en un momento final, un 50% da evidencias en sus declaraciones de aspectos asociados a un modelo altamente

incompleto, un 25% declara aspectos de un modelo incompleto que obvia la naturaleza de la energía y un 25% declara aspectos de un modelo incompleto que obvia la degradación de la energía. Llama la atención dentro de este grupo que los estudiantes A16 y A21 dan evidencia de un modelo final incompleto que obvia la conservación de la energía, pero en sus declaraciones señalan que enseñarían aspectos relacionados con esta idea y obvian otros aspectos que si construyeron con la implementación de la SEA. Dentro de este grupo, el estudiante A17 es el único que da evidencias de un modelo de energía declarado más coherente con su modelo construido en un momento final al inferirse de sus declaraciones aspectos sofisticados en torno a la idea de naturaleza de la energía presentes en la construcción de su modelo de energía.

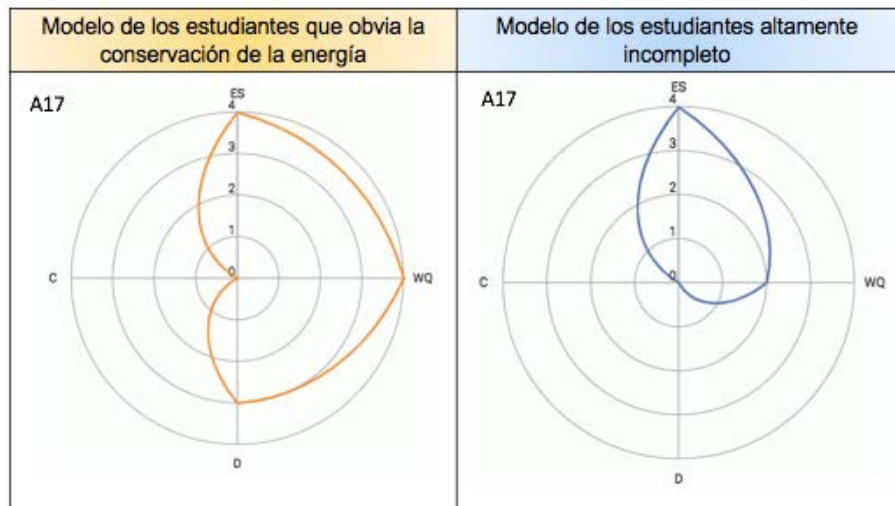


Figura 125. Ejemplo de un estudiante con un tipo de modelo incompleto en un momento final y un modelo altamente incompleto inferido de sus declaraciones.

A partir de estos resultados podemos detectar que un 70% de los estudiantes da declaraciones de las que se infiere un modelo altamente incompleto (un 35% omite aspectos de 2 ideas del MCE y un 35% omite aspectos de 3 ideas del MCE). Por otra parte, un 25% da declaraciones de las que se infiere un modelo incompleto, en las que se obvian alguna de las ideas del MCE. Finalmente, solo un estudiante presenta un modelo equilibrado similar en un momento final y en sus declaraciones, mostrando coherencia entre los aspectos del MCE que construyó y los que enseñaría en sus clases de física.

4.1.8. Aspectos que declaran los futuros profesores respecto a las actividades que consideran que fueron relevantes para aprender y respecto a las actividades de modelización

En base a las gráficas de la evolución de las ideas del MCE de los estudiantes hemos podido identificar cuáles fueron las actividades que más han contribuido en que los futuros profesores asciendan de modelos inferiores a modelos superiores más cercanos al MCE. A continuación presentamos las declaraciones que realizan los futuros profesores respecto a qué actividades mencionan que contribuyeron en su aprendizaje y qué opiniones tienen en relación con las actividades de modelización que han ejecutado a lo largo de la SEA. A partir de estas declaraciones pretendemos identificar si las actividades que contribuyeron en su evolución de su modelo energético son las mismas que declaran en el test de salida.

Para obtener esta información, se realizaron diferentes tipos de preguntas en el test de salida. En primer lugar se les presentó un listado de actividades que los estudiantes ejecutaron a lo largo de la secuencia. Este listado contenía algunas actividades relacionadas directamente con el proceso de modelización, otras asociadas a tareas propias de la actividad científica (leer papers, tomar mediciones en el laboratorio, experimentar, etc.) y otras actividades enviadas como tareas externas (realizar una reflexión en torno a qué aprendí, etc.). Se solicitó a los estudiantes escoger las 5 actividades que les gustaría estuviesen presentes en su clase de ciencias ideal, para identificar qué actividades valoran para su próximo quehacer docente e identificar si las actividades de modelización forman parte de esta elección.

En base a sus preferencias se puede apreciar (ver Figura 126) que valoran varias de las actividades del proceso de modelización, como por ejemplo: con un 59% los estudiantes valoran la importancia de “pensar qué pasa” y “por qué” antes de realizar un experimento o realizar un dibujo inicial de cómo se imaginan un fenómeno (expresar el modelo); un 50% de ellos valora hacer el esfuerzo de aplicar las ideas que han aprendido en la explicación de un nuevo fenómeno (aplicar el modelo). Con un 45% también los futuros profesores resaltan la importancia de consensuar la mejor explicación de un fenómeno conjuntamente con toda la clase y el profesor (consensuar el modelo). Con un 36% destacan la importancia de que después de realizar un experimento analicen hasta qué punto los resultados cuadran con sus explicaciones o dibujos iniciales (evaluar /poner a prueba el modelo) y con el mismo porcentaje valoran el replantear y revisar la explicación que habían dado a un fenómeno después de haber trabajado el tema a través de una simulación o discutiendo

estas ideas con los compañeros (revisar el modelo). Con un 32% los estudiantes valoran que la clase comience con una pregunta que permita mirar el fenómeno (sentir la necesidad de un modelo).

De las actividades complementarias valoran aprender vocabulario científico y ecuaciones (73%); hacer experimentos y trabajos de laboratorio con diversos instrumentos y materiales (55%) y tener las ideas claves escritas (50%). También destacan reflexionar en torno a su aprendizaje (36%).

Uno de los resultados que nos llama la atención es la valoración que otorgan los futuros profesores a la actividad de “hacer experimentos”. Por una parte, todos los experimentos que realizamos a lo largo de la SEA han sido para pensar y construir el modelo (minds-on), en ningún caso para “cacharrear” o para seguir una simple receta. En ese sentido, ese es el tipo de actividades que no deseábamos que escogieran. Sin embargo, como toda nuestra SEA es de modelización, todas las actividades que hemos hecho (incluso aquellas que no son específicas de modelización) están empapadas o impregnadas de una manera de hacer, de un propósito común: construir unas ideas clave de energía de manera modelizadora. Por lo tanto, esta elección refleja que estas actividades les han servido para aprender y en ese sentido este resultado es esperado.

Otro aspecto que llama la atención es la relevancia que otorgan a la actividad “aprender vocabulario científico y ecuaciones”. Por una parte, nuestra SEA tuvo un enfoque cualitativo, en el que no se pone excesivo énfasis en los cálculos y el vocabulario. Sin embargo, es probable que los futuros profesores no comprendan que lo poco que se da, a lo largo de las implementaciones, es lo realmente fundamental para su próximo quehacer docente en secundaria, y para comenzar a construir una mirada energética que les permita interpretar otro tipo de fenómenos. En ese sentido, es comprensible que sientan esa carencia.

Por otra parte, es habitual que los estudiantes formados en ciencias valoren en exceso este aspecto a diferencia de aquellos que no son especialistas. En un estudio realizado por Garrido y Couso (2016), quienes realizaron un test similar a un grupo de futuros maestros de primaria, los resultados fueron diferentes al ser alumnado no formado específicamente en ciencias. Consideramos que en los sistemas educativos los estudiantes son enseñados a valorar este aspecto, y por lo tanto, es un resultado esperable no tanto debido a nuestra implementación sino a su cultura científica o más bien de aprendizaje de las ciencias.

Solo dos de los estudiantes realizan un argumento sólido respecto a esta elección: A6 “Conocer el vocabulario correcto científicamente nos permite una mejor comprensión de los fenómenos físicos y homogenización para tratar estos temas, lo que no deja espacio para los malentendidos lingüísticos que puedan influir en el aprendizaje” y A18 “Es importante conocer el vocabulario adecuado al estudiar temas específicos, ya que al ser profesores no se pueden cometer errores de este tipo”. Valoramos estas respuestas porque ponen de manifiesto aspectos de los conocimientos didácticos del contenido de estos futuros profesores y la importancia que otorgan a no contribuir en una transmisión errónea de conceptos.

Otro de los altos porcentajes se asocia a la actividad “tener las ideas claves escritas” (50%). Asociamos este porcentaje al hecho de que al ser partícipes de una SEA en la que se prioriza la discusión y el registro de sus ideas, más que las que el docente pueda mencionar o dictar, se hayan generado dificultades asociadas al cambio de paradigma educativo.

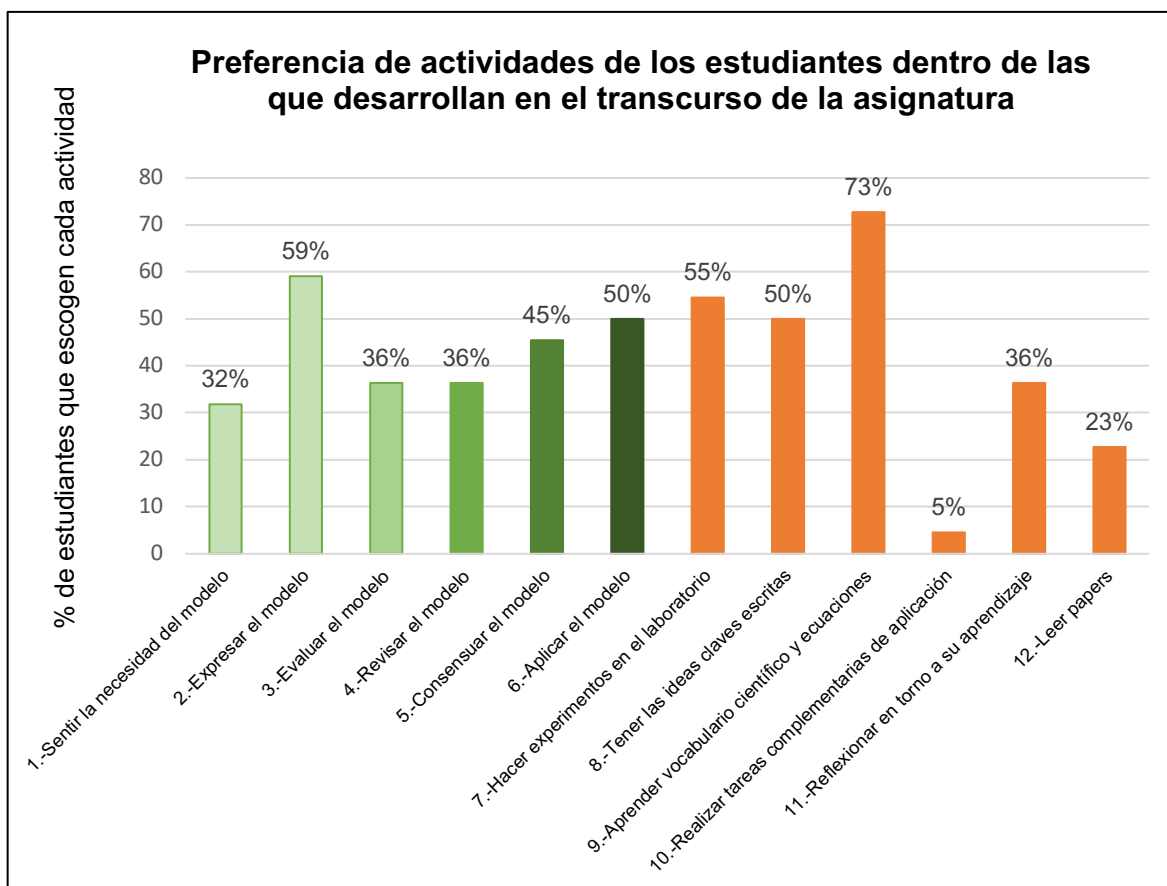


Figura 126. Porcentaje de estudiantes que escogen actividades de modelización u otras, posterior a la implementación.

Esta actividad recién señalada nos permitió identificar las 5 actividades que todos los estudiantes consideraron más relevantes a partir del listado de actividades propuesto. En una segunda parte del test de salida realizamos preguntas abiertas para identificar con más detalles los aspectos de la SEA que más valoraron para su aprendizaje.

En una de las preguntas del test de salida les hemos solicitado a los estudiantes mencionar cuáles fueron las actividades realizadas durante la asignatura que ellos consideran que más los hicieron aprender en relación con las ciencias. En base a esta pregunta variadas actividades que han sido agrupadas en tres grandes categorías: actividades de poner a prueba / evaluar el modelo, actividades de revisar / consensuar el modelo y otras actividades. En la Figura 127 se puede observar el porcentaje de futuros profesores que mencionan cada tipo de actividad en su respuesta abierta.

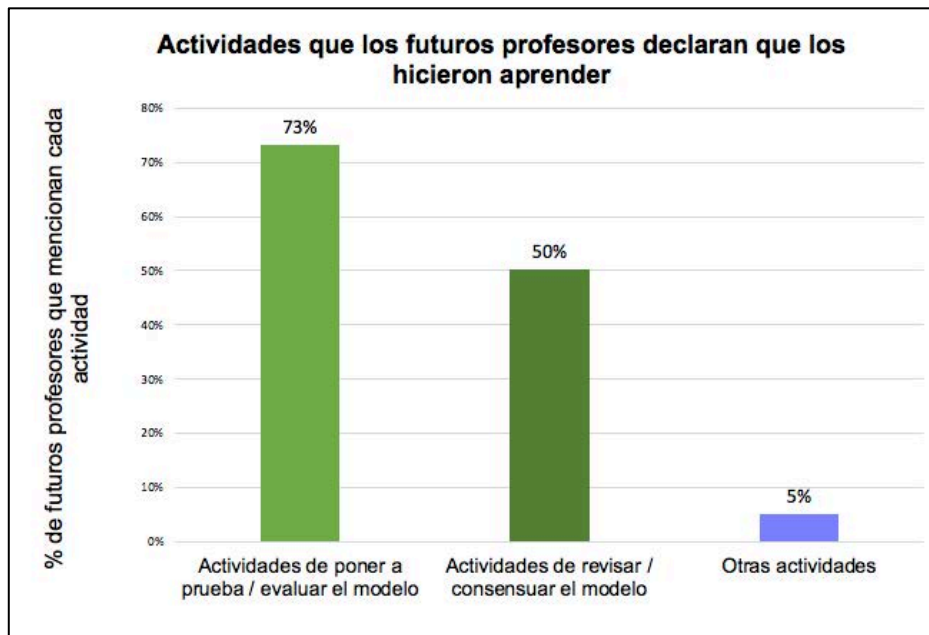


Figura 127. Tipos de actividades que los estudiantes declaran que los hicieron aprender en test de salida.

Para conocer qué tipo de respuestas o actividades se incluyen en cada categoría creada (actividades de poner a prueba / evaluar el modelo, actividades de revisar / consensuar el modelo y otras actividades) hemos construido una red sistémica que nos permite identificar qué tipo de actividades mencionan y quienes las mencionan. Los aspectos específicos que señalan los futuros profesores en torno a las actividades de poner a prueba / evaluar el modelo los podemos observar en la Figura 128.

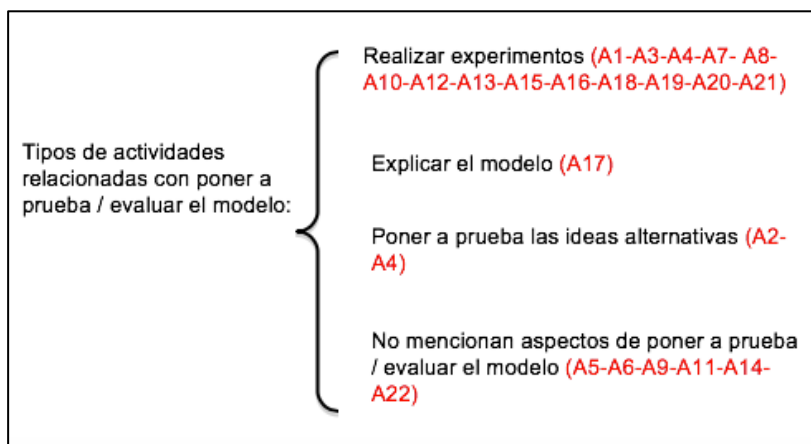


Figura 128. Tipos de actividades que los estudiantes declaran que los hicieron aprender relacionadas con la fase de modelización poner a prueba / evaluar el modelo.

La gran mayoría de los futuros profesores (14 en concreto) resalta que las actividades experimentales fueron las que más los hicieron aprender. Lo interesante es que las mencionan haciendo referencia a que fueron importantes para replantarse sus ideas, para pensar o reflexionar en torno a sus resultados. Algunos de ellos las mencionan a nivel general sin especificar una actividad en concreto, como por ejemplo: A12 “Exponer nuestras ideas y poder debatirlas con el resto del curso fue muy útil y experimentar ya que apreciábamos el fenómeno con nuestros ojos” y otros mencionaron actividades experimentales concretas que realizamos en la implementación.

Por ejemplo el estudiante A19 destaca la actividad experimental del dossier 1 “Destaco la experimentación con la central hidroeléctrica y analizar los estados del sistema que influyen”. El estudiante A18 destaca la actividad experimental del dossier 2 “La actividad donde se realizaron mediciones de variaciones de temperatura de los vasos con distintos materiales o con agua a diferentes temperaturas o masas”. El estudiante A3 destaca la actividad experimental del dossier 3 “La actividad de los autos que chocan para entender el concepto de trabajo como un mecanismo de transferencia de energía” y los estudiantes A21 y A15 destacan las actividades experimentales del dossier 4 “Las actividades con experimentos prácticos y en concreto la de los vasos con agua que representaban cantidades de energía”..., “las actividades que me ayudaron fueron la de la central hidroeléctrica, la de los choques y la de la rueda de bicicleta”.

Dentro de esta misma categoría dos futuros profesores destacan lo importante que fue para ellos poner a prueba sus ideas alternativas y mejorarlas a través de la experimentación, por ejemplo, A2 “El tener la posibilidad de usar mis concepciones previas,

descartar las erróneas, poner mis ideas a prueba a través de un modelo o maqueta o simulación” o A4 “El uso de modelos experimentales y el hecho de tomar los conceptos previos para poder mejorarlos”. Un estudiante también señala que para él fue esencial poder explicar los fenómenos A17 “Dentro de la secuencia de la clase el momento de reconocer el modelo y explicarlo fueron lo que más me hizo aprender”.

Los aspectos específicos que señalan los futuros profesores en torno a las actividades de revisar / consensuar el modelo los podemos observar en la Figura 129.

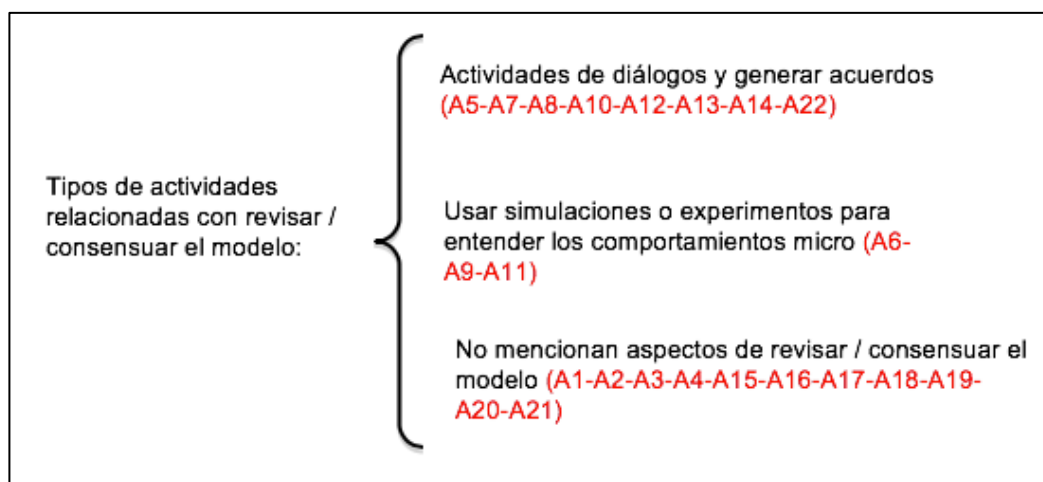


Figura 129. Tipos de actividades que los estudiantes declaran que los hicieron aprender relacionadas con la fase de modelización revisar / consensuar el modelo.

Ocho de los futuros profesores resaltan que las actividades de diálogo y generar acuerdos con sus pares fueron las que más los hicieron aprender, por ejemplo: A5 “Las actividades que generaban diálogo entre todos los participantes para llegar a una propuesta común” o A22 “Las actividades de discusión grupal con los compañeros, porque así se exponen puntos de vista que nos ayudan a entender mejor”.

Tres futuros profesores destacan lo esencial que fue para ellos el uso de simulaciones o experimentos para poder realizar un análisis a nivel micro de los mecanismos de trabajo y calor, por ejemplo: A6 “Las actividades que implican análisis de manipulativos virtuales, que permitieron entender la energía a nivel micro molecular” o A11 “Una de las actividades que más me ayudó, fue la de la caja de porotos que representaban las moléculas, que con el calor se movían y al generar fuerzas se direccionaban”.

Respecto a la categoría otras actividades, solo el estudiante A1 señala “las actividades experimentales y las observaciones críticas del contenido”. Interpretamos que este futuro

maestro al hablar de las observaciones críticas del contenido, hace referencia a aquellos momentos en los que criticamos el uso de algunos conceptos o definiciones como por ejemplo, nuestra crítica a la definición de la energía como la capacidad de realizar un trabajo.

A partir de estos resultados podemos asociar que varios de los estudiantes asociados al 55% que valora las actividades experimentales en vez de mencionar evaluar / poner a prueba el modelo, en realidad están valorando esta experimentación en el contexto de poder observar los fenómenos con sus propios ojos y construir aspectos de los modelos. En otra pregunta abierta del test de salida se les solicitó señalar qué actividades les hicieron falta en la SEA para aprender mejor. A nivel general los resultados fueron muy gratos, debido a que los futuros docentes valoraron la implementación, por ejemplo: A12 "Me gustó el hecho que fuera distinto a las demás clases, me hizo pensar y encontré que fue un método distinto y eficiente"; A4 "Encontré que fue completo". Valoramos mucho la respuesta del estudiante A12 considerando que sin pensar no hay aprendizaje.

Respecto a los estudiantes que mencionaron tipos de actividades o aspectos que le han hecho falta, los hemos clasificado en tres categorías: aspectos formales / recursos, aspectos metodológicos y otros / no responden. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente gráfica.

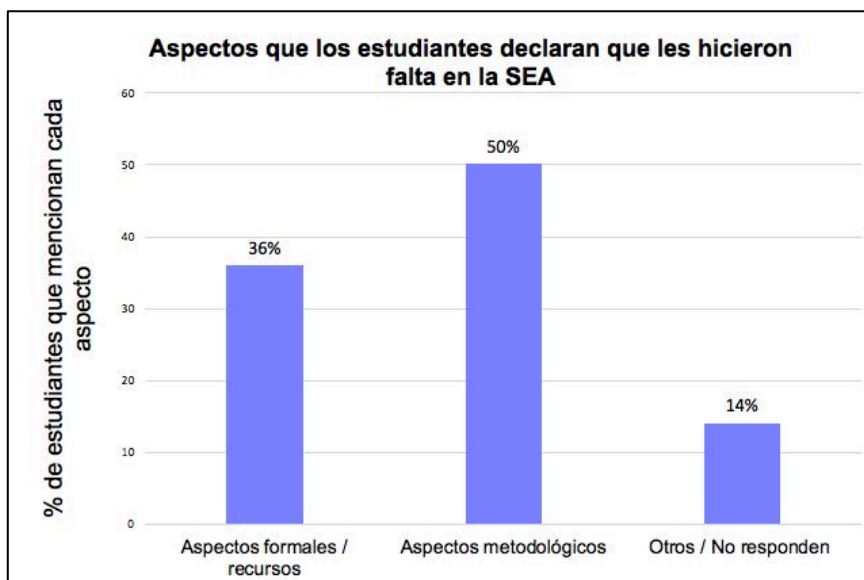


Figura 130. Aspectos que los estudiantes declaran que les hicieron falta en la SEA para aprender mejor.

Para conocer qué tipo de respuestas o aspectos se incluyen en cada categoría creada (aspectos formales / recursos, aspectos metodológicos y otros / no responden) hemos construido una red sistémica que nos permite identificar qué aspectos mencionan y quienes los mencionan.

Los aspectos formales / recursos los podemos observar en la Figura 131.

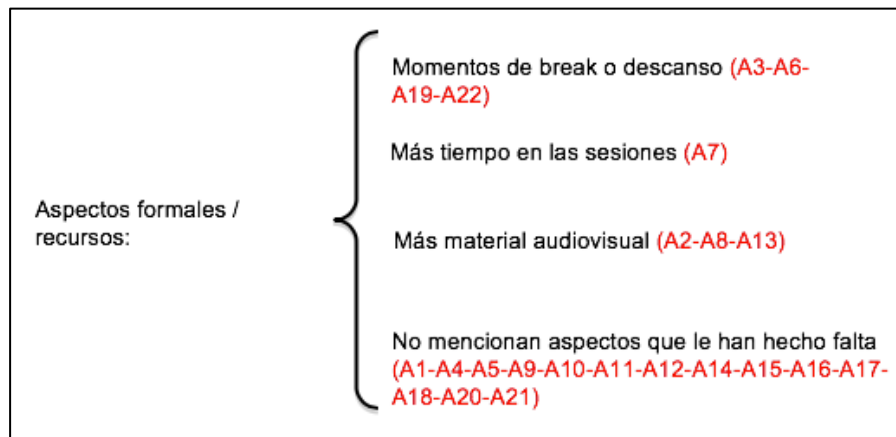


Figura 131. Aspectos en relación con el contenido / ejecución que los estudiantes declaran que les hicieron falta en la SEA para aprender mejor.

Cuatro de los futuros profesores señalan que les han hecho falta momentos de descanso o break, por ejemplo: A3 “*Momentos de break, ya que los contenidos eran muy extensos*” o A22: “*Actividades menos extenuantes, porque eran muy largas y tediosas*”. Tres futuros profesores señalan que ha hecho falta un mayor uso de material audiovisual, por ejemplo: A2 “*Más material audiovisual disponible*” y un estudiante mencionó que le ha hecho falta más tiempo A7 “*El factor tiempo, en momentos trabajamos apurados y eso dificultó el aprendizaje*”. Hemos diferenciado a los estudiantes que señalan más momentos de descanso de los que señalan más tiempo en las sesiones por la finalidad que otorgan al tiempo extra (algunos para distraerse o descansar y otros para tener más tiempo para pensar y aprender).

Los aspectos específicos relacionados con metodología los podemos observar en la siguiente figura.

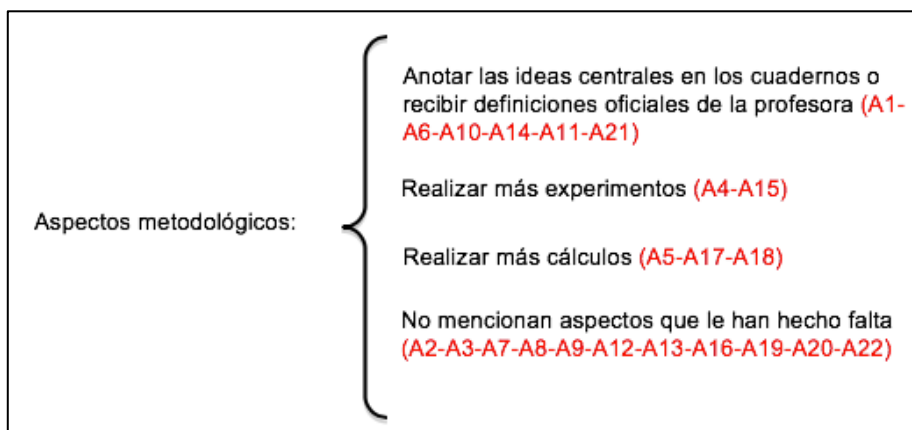


Figura 132. Aspectos en relación con recursos que los estudiantes declaran que les hicieron falta en la SEA para aprender mejor.

Seis estudiantes destacan que les ha hecho falta anotar las ideas centrales en los cuadernos, por ejemplo: A6 *“Hizo falta anotar las ideas centrales y explicaciones de cada sesión, no solo en el dossier, sino que en nuestros cuadernos”* o A11: *“Que el curso vaya a un mismo ritmo, el no poder tomar notas de todas las ideas en las puestas en común. Me hubiese gustado tomar notas clase a clase para recordar todo”* o que tener una definición más oficial de los conceptos por parte de la profesora A1 *“Me ha hecho falta más participación teórica de la profesora, con una definición más oficial”*. Estos aspectos consideramos que reflejan la falta de autonomía de los futuros profesores considerando que podrían haber tomado notas durante los momentos que consideraran adecuados. Así como también refleja la necesidad de realizar más actividades de este tipo para descentralizar el rol del docente y de la transmisión de teoría, pues estas no reflejan el quehacer científico (y nosotros estamos intentando potenciar una ACE análoga a las ciencias).

Tres estudiantes mencionan que les hizo falta realizar más cálculos a lo largo del laboratorio, por ejemplo: A17 *“Realizar cálculos para llevar a cabo lo aprendido”*. Dos estudiantes manifiestan que les hubiese gustado realizar más experimentos a lo largo de la implementación, por ejemplo: A4 *“Encontré que fue completo, pero me hubiese gustado que fueran más experiencias”*. Estas respuestas las podemos asociar nuevamente a la incidencia de una visión de “aprendizaje de las ciencias” transmitida a lo largo de la escolaridad donde el rol de la experimentación y los cálculos en ciencias son considerados esenciales en la disciplina (por sobre otro tipo de actividades).

En la última categoría se sitúan aquellos estudiantes que no mencionan aspectos que les han hecho falta o bien que señalan otros aspectos positivos como lo realiza A12 *“Me gustó el hecho que fuera distinto a las demás clases, me hizo pensar y encontré que fue un método distinto y eficiente”*.

En una última parte del test de salida, se plantean tres propuestas de enseñanza y aprendizaje hipotéticas a los futuros profesores:

- Propuesta 1: Propuesta de indagación
- Propuesta 2: Propuesta de modelización
- Propuesta 3: Propuesta basada en el contexto y la comunidad

En base a estas se les pide identificar qué propuesta se parece más a lo que hemos realizado en la asignatura y mencionar cuál de esas tres propuestas se parece más a lo que ellos harían en sus futuras clases.

Un 77% de los estudiantes identifica la propuesta 2 como la propuesta realizada en clases, propuesta correcta, por ejemplo: A1 *“La propuesta 2, ya que trabajamos en grupos pequeños, a través de la creación de un modelo y finalmente se consensuaron las ideas que se plasman en una nueva situación”*; A10: *“La propuesta 2, porque incluye un trabajo inicial en pequeños grupos, después se evalúa, se simula, comparan resultados y termina con un consenso y una aplicación futura”*. Estos resultados nos demuestran que los futuros profesores tienen claro el proceso de construcción de conocimiento y de las fases por las que han pasado durante la instrucción.

Un 23% señala que la propuesta utilizada fue la 1, por ejemplo: A6 *“La propuesta 1, ya que hemos obtenido los conocimientos a través del método que enfatiza en las ideas y conceptos previos, seguido de la experimentación en grupo y terminando con una presentación de resultados frente al curso, seguido con el consenso de la idea final”* o A14 *“La propuesta 1, ya que da más libertad a los estudiantes para su trabajo en el aula, también se les piden las ideas previas al experimentar, finalmente también se realiza puesta en común con otros grupos”*.

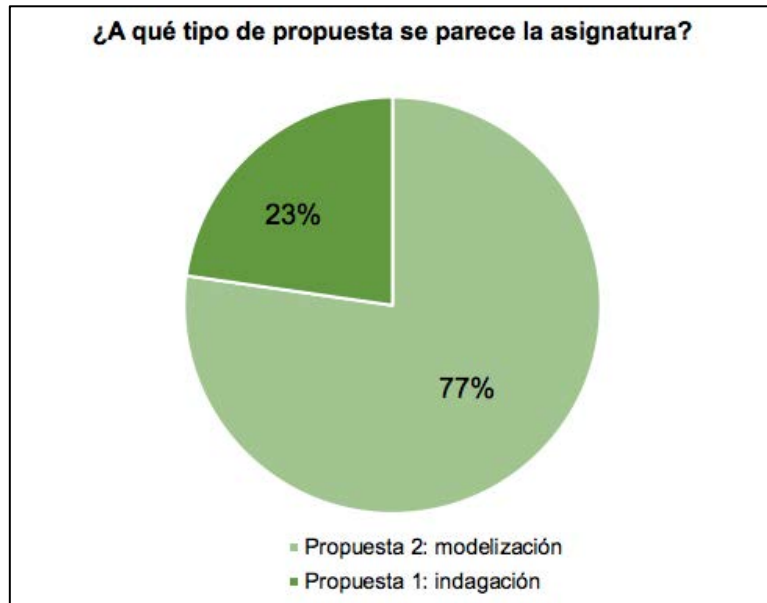


Figura 133. Porcentaje de estudiantes que identifican el tipo de propuesta aplicada en el diseño de la SEA.

Algunos estudiantes se confunden pensando que en la asignatura hemos realizado la propuesta 1 de indagación. Consideramos que esta confusión se debe a los elementos de trabajo colaborativo presentes en la propuesta 1, donde los estudiantes diseñan un procedimiento experimental, presentan sus resultados y a través de una votación escogen el mejor procedimiento, algo que puede sonar similar al consenso del modelo. Pero llama la atención que señalen que la propuesta 1 considera los preconceptos de los estudiantes antes de experimentar, porque no lo hace. En la propuesta 1 se plantea que existe una pregunta de investigación que los orienta a seleccionar un procedimiento experimental, en ese sentido esta propuesta no contempla una expresión del modelo o puesta en común de sus explicaciones iniciales para identificar las preconcepciones. Esta propuesta tampoco contempla una puesta en común posterior a la experimentación con la finalidad de generar consensos. Consideramos que este resultado refleja que los futuros profesores no leyeron bien los componentes de las propuestas. Posiblemente leyeron sin pensar ni asociar los elementos con los vividos en la SEA.

Respecto a qué propuesta utilizarían en sus futuras clases, predomina con un 41% la propuesta 2 de modelización, con un 27% la propuesta 1 de indagación y con un 18% la propuesta 3 de contexto y comunidad.

Los estudiantes que escogen la propuesta de modelización justifican su elección con respuestas como: A3 “La propuesta 2 ya que me gusta más la idea de que en base a la experimentación se pueda generar un modelo con los estudiantes, corrigiendo las ideas que tengan una mala concepción”; A7 “Propuesta 2, porque es beneficioso hacer un sondeo, plantearse una idea, comprender experimentando pero analizando factores que inciden en un fenómeno”; A12 “La misma propuesta 2 me parece buena metodología de enseñanza, ya que nos pide nuestras concepciones que tenemos acerca del tema, para así luego verificar si son correctas y si no lo son para corregir” o A19 “La propuesta 2 debido a que corresponde a una cátedra armónica, colaborativa y los estudiantes son conscientes de su propio aprendizaje”. Estas respuestas vuelven a poner de manifiesto que los estudiantes han captado el tipo de secuencia de modelización realizada con ellos en la SEA y la valoran muy positivamente.

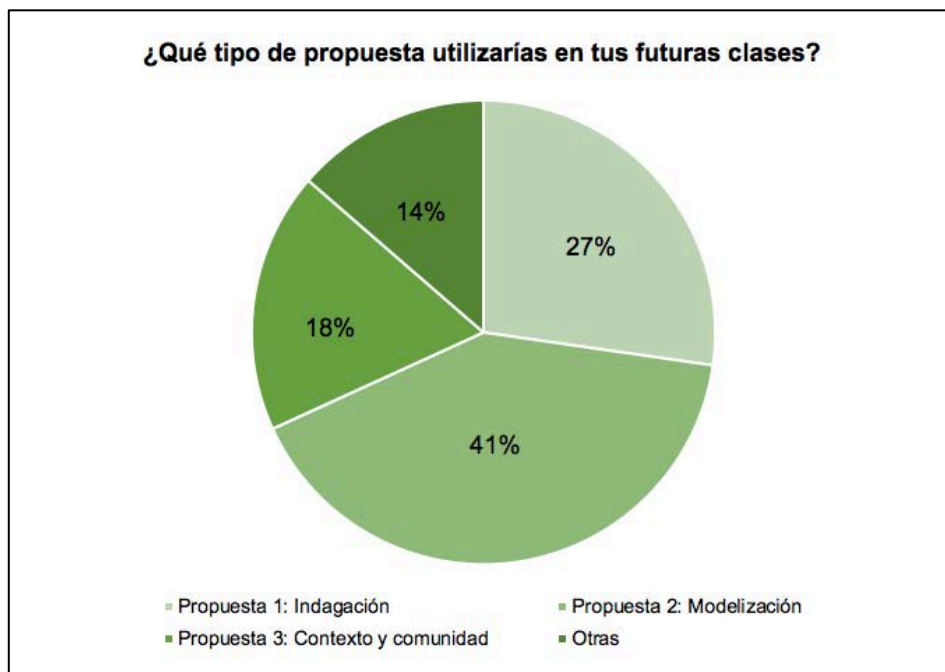


Figura 134. Porcentaje de estudiantes que selecciona cada propuesta de enseñanza y aprendizaje.

Algunos estudiantes seleccionan la propuesta 1 (27%) destacando elementos que están presentes en la propuesta dos, como considerar las ideas iniciales de los estudiantes o realizar puestas en común, por ejemplo: A11: “La propuesta 1. Comenzaría con realizar preguntas que nos acerquen al tema, luego realizaría una experiencia para darnos cuenta de los errores y conceptos y luego en conjunto una conclusión” o A21 “La primera ya que no se les dice a los estudiantes cual es mejor o peor conductor, sino que a través de

experimentos, resultados y cambios de opinión se llega a una conclusión". Estas respuestas nuevamente ponen de manifiesto que posiblemente los futuros profesores no leyeron profundamente la propuesta 2, considerando que los elementos que destacan corresponden a los de la propuesta de modelización.

Dentro del 18% que selecciona la propuesta 3 se destacan aspectos en torno a la consciencia y el impacto en nuestras vidas como: A19: *"La número 3, ya que consiste en una toma de consciencia de los fenómenos y como pueden afectar a nuestras vidas y a la sociedad en la que vivimos"*. Esta respuesta es importante para nosotros como diseñadores, considerando que nuestra propuesta de modelización no contempla este aspecto igualmente importante para formar alumnos preparados para la vida. En ese sentido, es una invitación para los próximos diseños.

Finalmente, dentro del 14% que señala que no utilizaría ninguna propuesta, destacan estudiantes que usarían un mix de propuestas, tal como lo señala: A6 *"La propuesta 1 más la 3, debido a que tomando en cuenta que la propuesta 1 fue usada en el curso y fue efectiva, le agregaría el impacto a la cotidianidad de la propuesta 3"* y otros que mencionan que ninguna propuesta lo convence, aunque tampoco sabe que alternativa ofrecería por ejemplo: A22 *"No haría ninguna de las 3, porque son tediosas, buscaría métodos más precisos, pero no conozco ninguno para dar justificación"*. La globalidad de las respuestas nos muestra una valoración positiva del impacto de la SEA en los futuros profesores de Física y Matemática.

El test de salida finaliza con una pregunta en la que se les pide explicar la metodología del curso a un amigo y las respuestas que destacamos son:

A1 *"Fue organizada de lo particular a lo general, contextualizando con algo de la cotidianidad, luego se realiza experimentación del tema, se vuelven a plantear explicaciones y finalmente consenso, que aplicamos a una nueva situación"*.

A3 *"La presentación de una situación cotidiana, luego preguntarse el por qué se debe lo que pensamos, luego una actividad que simule la situación cotidiana inicial y analizar qué es lo que ocurre, para llegar a un modelo o idea en el marco más científico"*.

A4 *"La metodología consiste en tomar los conceptos previos del estudiante, para llegar a usarlos y relacionarlos en un modelo experimental, en base a esto se trabaja con*

predicciones y discusiones para llegar a una idea final, finalmente se corrige lo que se está fallando, el alumno crea conocimiento en conjunto con el profesor”.

A6 “Se trabajaron conceptos de manera progresiva (concepto de energía, transferencia, degradación, utilidad, conservación) y en cada sesión se utilizó un planteamiento de ideas previas, experimentación, puesta en común, consenso del modelo tratado”.

A14 “Una clase que busca estrujar al máximo nuestros cerebros, obligándonos a buscar ideas y explicaciones a ciertos fenómenos. A medida que la clase avanza, van saliendo nuevas cosas que cambian nuestras ideas iniciales y logran guiar nuestras conclusiones en la dirección esperada”.

En esta pregunta abierta el 100% reconoce elementos de la metodología utilizada. Los estudiantes A1 y A3 destacan el ciclo de aprendizaje, identificando que fue elaborado de lo concreto a lo abstracto. A3 reconoce la presencia de modelos e ideas, así como la pregunta problematizadora. El estudiante A4 tiene claro el ciclo de modelización, y la importancia de la creación/construcción de conocimiento más que transmisión por parte del profesor. El estudiante A6 además de tener claro el ciclo de modelización también reconoce la progresión de ideas del modelo. El estudiante A14 destaca el esfuerzo personal para conseguir un cambio en sus ideas respecto a fenómenos cotidianos y reales, pone de manifiesto que el aprendizaje requiere esfuerzo y la importancia de aprender “pensando”.

En ese sentido, podemos señalar que los estudiantes reconocen la modelización, sus fases y la importancia de aprender en actividades de este tipo. Las actividades o aspectos que mencionan que los han hecho aprender están directamente relacionados con los identificados en la evolución de sus modelos de energía. Valoran positivamente la implementación y la forma en la que aprendieron, dándonos conformidad de los esfuerzos implantados para el desarrollo de esta investigación.

4.2. Discusión Global de resultados

4.2.1. Respecto a la evolución del modelo de energía de los estudiantes

A través de las gráficas de evolución de las ideas del modelo de energía de los futuros profesores, se pudo identificar cuáles fueron las ideas del MCE más sencillas y complejas de construir.

- Respecto a la idea de naturaleza de la energía, podemos mencionar que es una de las ideas del MCE que considerábamos más compleja de construir, pues la intuición lleva generalmente a los estudiantes a concebir a la energía como una sustancia perteneciente a los cuerpos. Sin embargo, en el análisis de las producciones de los estudiantes, hemos identificado que es una de las ideas que desde los momentos iniciales de la SEA fue evidenciada en los estadios más sofisticados del MCE y al finalizar la SEA encontramos evidencia de su comprensión, al ser considerada por la mayoría de los estudiantes en sus producciones, encontrándose en un nivel máximo de sofisticación. El tipo de tareas que planteamos, orientaron a los futuros profesores a la descripción de los estados de los sistemas en un momento inicial y final, así los estudiantes lograron identificar cambios de un estado a otro. En concreto en el momento M6 (que consideramos como momento final ideal) un 76% de los futuros profesores explicó los fenómenos utilizando aspectos de la naturaleza de la energía encontrados en los estadios ES4, un 23% el estadio ES3 y un 4% en el estadio ES2.

En términos de evolución, no es una idea que haya evolucionado mucho porque, como hemos comentado, comenzó siendo muy sofisticada en las producciones de los estudiantes y terminó siendo aún más sofisticada. Consideramos que este buen resultado se puede asociar por una parte al diseño y por otra al nivel de abstracción de los futuros profesores que en promedio tenían 19 a 20 años. En ese sentido fue más sencillo que se familiarizaran con las demandas del dossier y pudieran responder de acuerdo con lo que esperábamos.

Respecto a las subideas de valor absoluto y aprovechamiento energético asociadas a la idea de naturaleza de la energía, podemos comentar que ambas ideas fueron bien construidas a lo largo de la SEA. La subidea de valor absoluto no fue tan intuitiva de construir y fue necesario potenciar momentos de discusión entre pares

para que los estudiantes reflexionaran en torno al significado de los cálculos matemáticos que habían realizado. Mientras que la idea de aprovechamiento energético fue más sencilla de construir y permitió a los estudiantes identificar que no todos los estados de un sistema pueden ser aprovechables para un determinado cambio, incluso si son estados con más energía asociada que otros.

- Respecto a la idea de transferencia de la energía, podemos mencionar que fue una idea que se fue introduciendo desde los inicios de la SEA, lo que produjo muy buenos resultados porque los estudiantes fueron construyendo esta idea progresivamente desde una noción de transferencia de la energía entre partes de un sistema, luego sofisticaron incorporando el mecanismo de transferencia de energía a través de calor en sus explicaciones, posteriormente el mecanismo de transferencia de energía a través de trabajo (ambos a nivel macroscópico y microscópico) y finalizaron la SEA aplicando la idea construida con todos los aspectos en la explicación de un nuevo fenómeno.

Esta idea del MCE, en comparación con la anterior, si tuvo dificultades iniciales asociadas. En un momento inicial, un porcentaje importante de los estudiantes (36%) explicaban los fenómenos en términos de transformaciones de energía, como por ejemplo A5 *“La energía comienza como potencial, pero luego varía pasando a cinética, mecánica y así sucesivamente”*. Así como un 55% comenzó dando explicaciones utilizando una lógica de transferencia de energía entre partes de un sistema sin identificar algunos de los mecanismos asociados. Dentro de este porcentaje, varios estudiantes también utilizaron la lógica de transformaciones de energía en sus respuestas pero se observó que predominaba una lógica de transferencia de la energía. Estas dificultades, a lo largo de la SEA, fueron disminuyendo. Observamos que los estudiantes cada vez fueron explicando los fenómenos con menos aspectos relacionados con las transformaciones y tipos de energía y fueron dando evidencia de una evolución a lo largo de todos los momentos de análisis. En concreto en el momento M7 un 77% de los estudiantes explica los fenómenos dando evidencia de un dominio de las ideas en el estadio WQ4 y un 23% en el estadio WQ3. Todos los estudiantes finalizan la SEA mencionando en sus producciones aspectos de la transferencia de la energía y en los estadios más sofisticados.

En términos de evolución, esta es una de las ideas que más evolución experimentó. Asociamos este resultado, en parte al diseño considerando que al hacer que los futuros maestros describieran el estado de los sistemas, identificaran los cambios y posteriormente esos cambios los distinguieran según si la transferencia de energía se había realizado en términos de trabajo o calor, contribuyó en esa evolución progresiva que observamos en la gráfica. Por otra parte, consideramos que esta idea es más intuitiva y sencilla de construir que las demás, por cuanto se puede hablar de transferencia de energía desde una lógica de energía como sustancia, aunque su dificultad radica en que los estudiantes dejen de hablar en términos de tipos de energía y transformaciones de energía.

Respecto a los mecanismos de transferencia de energía (trabajo y calor), a través de nuestros resultados pudimos identificar que a nivel macroscópico es mucho más sencillo para los estudiantes describir las características asociadas al mecanismo de transferencia de energía en forma de calor (que ocurre de un cuerpo más caliente a uno más frío hasta el equilibrio térmico, afectando a esta transferencia el tipo de material y el tamaño de la superficie o las áreas de contacto entre cuerpos) que al de trabajo (donde no todas las fuerzas contribuyen a una transferencia de energía a través de trabajo y el tipo de material de los cuerpos pueden afectar en esta transferencia). En ese sentido, el mecanismo de calor parece ser mucho más cotidiano o más estudiado en la escolaridad previa de los futuros profesores, a pesar de que hubo que superar la barrera de dejar de hablar de energía calorífica en algunos casos. Uno de los aspectos macroscópicos de la transferencia de energía a través de calor más mencionado en las explicaciones de los estudiantes fue la idea de equilibrio térmico. En cuanto al mecanismo de trabajo, observamos que en general los estudiantes identificaban la acción de fuerzas sobre los sistemas, pero no siempre asociaban esta interacción con una transferencia de energía. Aunque a medida que avanzan en las diferentes tareas de la SEA lo consiguen, esto ocurre con mayor dificultad en relación con el calor.

A nivel microscópico, por el contrario, fue más sencillo para los estudiantes construir las ideas asociadas al mecanismo de trabajo que las de calor. En el mecanismo de calor, los estudiantes no fueron capaces de identificar que ante un aumento en la temperatura de un sistema aumentaba también su energía interna, así como tampoco hablaron de aleatoriedad en el movimiento de las partículas del cuerpo que se calienta (dirección y magnitud de la velocidad con la que vibran o se

desplazan). En cambio en el mecanismo de trabajo, que pensamos sería más complejo, los estudiantes identifican que ante la presencia de una fuerza macroscópica externa las partículas del cuerpo experimentan también esa fuerza en la dirección de la misma, lo que otorga una direccionalidad del movimiento de las partículas en el sentido de la fuerza aplicada. En las situaciones de rozamiento asociado a un trabajo, los estudiantes también fueron capaces de identificar los aumentos de vibración de las partículas de los cuerpos y el cambio de temperatura, aunque tampoco hablan de energía interna en estos casos.

Una dificultad encontrada en la comprensión del mecanismo de calor fue que algunos de los futuros profesores identificaban el mecanismo en forma correcta y eran capaces de describirlo incluso mencionando características macroscópicas, sin embargo, en algunas situaciones era visto como un mecanismo de transferencia meramente “disipativo” es decir, en múltiples fenómenos piensan que la energía “se ha perdido” a través de calor. Del mismo modo, en las situaciones de transferencias de energía a través de trabajo, en vez de priorizar el cambio perseguido en el sistema (por ejemplo, frenar la rueda de un coche que era la finalidad y no su calentamiento) los estudiantes se centraban en el calentamiento generado en el proceso de fricción y en ese sentido el trabajo también fue considerado como una forma de disipación de energía. Estos resultados también se han encontrado en otros estudios como los de Pintó et al. (2005), dando una idea de la dificultad de comprensión que genera la idea de energía interna y como se considera que siempre hay y puede haber disipación.

- Respecto a la idea de degradación de la energía podemos mencionar que para varios autores esta idea es considerada como intuitiva y sencilla de construir, para otros es considerada relevante sobre todo para facilitar la descripción de los fenómenos reales en los que se habla de que la energía se está "agotando" o que hay "desperdicio" de ella (Pintó et al., 2005). Sin embargo, tal como nos señalan Pintó et al. (2005), la evidencia muestra que en general a lo largo de la escolaridad se habla solo de la conservación de la energía. Cuando se habla de degradación de la energía se realiza para advertir sobre el cuidado que debemos tener para no desperdiciar la energía, lo que suena contradictorio con la idea científica de que la energía se conserva. Tomando en cuenta estos antecedentes, en la SEA comenzamos construyendo la idea de degradación de la energía para posteriormente poder construir la de conservación de la energía y que los

estudiantes llegaron a interpretar que en los procesos reales la energía se conserva pero progresivamente se vuelve menos útil (se degrada). Comenzamos con un leve énfasis en la idea de la degradación de la energía, pero en general fueron ideas que fuimos trabajando muy interrelacionadas con los estudiantes.

En términos de evolución esta idea, fue la segunda que más evolucionó y en concreto en el momento M4 (momento ideal final) un 32% de los estudiantes explicó los fenómenos utilizando aspectos encontrados en el estadio D4, un 59% en el estadio D3 y un 9% en el estadio D2. Si bien, estos resultados son muy positivos no reflejan lo que esperábamos, considerando que la mayoría de los estudiantes llegó a identificar que la energía es menos aprovechable al final de un proceso, pero sin hablar en términos de energía útil. Estos resultados son coherentes con los que surgen del estudio de Pinto et al. (2005), quienes encuentran entre las respuestas de futuros maestros que la degradación de la energía es considerada por ellos como una energía transferida a un lugar diferente, por ejemplo al aire, y es por eso que no se puede usar. Los futuros maestros de ese estudio, al igual que los nuestros, tampoco consideran la degradación de la energía como una disminución en la capacidad de realizar nuevos cambios. A pesar de que en la SEA realizamos una actividad concreta para analizar qué cambios se pueden ir realizando con la energía asociada a un proceso en diferentes etapas, no fue suficiente para superar la frontera de que toda degradación de la energía es disipación de la energía, y comenzar a hablar en términos de disminución de la energía útil, lo que nos da la evidencia de lo complejo que es superar un concepto tan utilizado en nuestra vida cotidiana.

- Finalmente, la idea de conservación de la energía a pesar de ser una de las ideas más mencionada y transmitida a lo largo de la escolaridad, fue la idea que presentó más dificultades para su construcción real y significativa. En concreto en el momento M5 (momento ideal final) un 9% de los estudiantes menciona en sus explicaciones aspectos que se asocian al estadio C4, un 45% al estadio C3, un 18% al estadio C2, un 9% al estadio C1 y un 23% ni siquiera menciona la idea de conservación de la energía en sus explicaciones finales. De los estudiantes que mencionan la conservación de la energía, solo un 9% identifica que la energía que incrementa o disminuye un sistema siempre corresponde a la disminución o incremento de energía de otro sistema o del entorno.

Durante la SEA realizamos una actividad específica para analizar la conservación de la energía, la cual fue muy provechosa para lograr este resultado. Sin embargo, en muchos de los casos, los futuros profesores explicaron el fenómeno potenciando sobre todo el aspecto de la degradación (lo cuál era esperable porque son conceptos vinculados) pero sin especificar aspectos de la conservación de la energía. Los resultados obtenidos no son ajenos a una realidad habitual tal como nos mencionan Neumann et al. (2013), Solbes & Tarín (1998) y Solomon (1985), quienes coinciden en el poco uso que el alumnado hace sobre este concepto de conservación en la descripción de ciertos fenómenos, e incluso Driver & Warrington (1985) señalan que los estudiantes que lo mencionan carecen de una comprensión total de este concepto. Coincidimos con Méndez & Abelenda (2010), que señalan como posible causa del poco uso de la idea de conservación de la energía la forma en la que los estudiantes analizan los procesos, porque en general prestan más atención al cambio en sí mismo que a lo que permanece en ese cambio. En términos de evolución, este fue uno de los modelos que menos evolucionó, sin embargo, no podemos obviar que en un inicio ninguno de los estudiantes mencionaba aspectos en relación con la conservación de la energía, por lo tanto, pese a que no es el resultado deseado los resultados son favorables.

Respecto a la progresión de aprendizaje, evidenciamos que las ideas del MCE más sencillas de construir (considerando la madurez de los participantes de este estudio) en un orden de menor a mayor complejidad fueron las de: naturaleza de la energía, transferencia, degradación y conservación de la energía. En ese sentido, tendríamos que pensar en ese orden de ideas para el diseño de un material didáctico que pretenda potenciar la construcción de un MCE de energía. Este hallazgo es coherente con la propuesta de Neumann et al. (2013) en base a la progresión empírica de aprendizaje de la energía que realizaron. Los autores proponen para el diseño de un plan de estudios de energía, comenzar con la comprensión de la energía con respecto a las formas y fuentes. Luego proponen cubrir los conceptos de transferencia y transformación, para posteriormente introducir la disipación / degradación de energía y la conservación. Nuestra propuesta es muy coherente con esta, pero en nuestra SEA no abarcamos los contenidos de formas y transformaciones de la energía, por motivos que ya hemos explicado en el marco teórico.

4.2.2. Respecto a los niveles de dominio del MCE en un momento inicial y final

Los niveles de dominio del MCE fueron creados con la intención de poder detallar, para cada uno de los futuros profesores, por un lado el grado de coherencia y sofisticación de las ideas del MCE en un momento inicial y final; y por otro para identificar el tipo de modelo de energía que evidencian los futuros profesores en un momento inicial y final. Los niveles de dominio del MCE los asociamos al conocimiento del contenido, es decir, al denominado “subject matter knowledge” de Shulman (1986), pues están directamente asociados al conocimiento de la disciplina (en este caso del MCE de energía) que están construyendo los futuros profesores.

En un momento inicial hemos identificado que ninguno de los estudiantes evidencia un grado alto de sofisticación y coherencia de las ideas del modelo respecto con el MCE de energía, considerando que sus explicaciones no se encuentran en los estadios más sofisticados de las ideas del MCE de energía. En este momento un 14% de los estudiantes muestra un dominio medio de las ideas del MCE, un 50% muestra un dominio básico y un 36% un dominio bajo de estas. Sin embargo, esta situación es distinta al finalizar la SEA, donde en un momento final, un 77% de los estudiantes evidencian un grado alto de sofisticación y coherencia de sus ideas del modelo de energía respecto al MCE, mostrando un dominio de las ideas más sofisticadas del modelo y un 23% de los estudiantes muestra un dominio medio de las ideas del MCE.

Por otra parte, en un momento inicial un 23% de los estudiantes da evidencias en sus producciones de un modelo de energía equilibrado, un 50% da evidencias de un modelo incompleto (donde un 36% obvia la conservación de la energía y un 14% obvia la degradación de la energía) y un 27% de un modelo altamente incompleto (obviando 2 o más ideas del MCE). Esta situación cambia rotundamente al finalizar la SEA donde un 77% de los estudiantes muestra un modelo equilibrado y un 23% un modelo incompleto que obvia tan solo la idea de la conservación de la energía. Estos resultados nos dan evidencia que en un momento final la idea de conservación de la energía es la única idea del MCE que presenta todavía problemas importantes en su construcción.

En base a los resultados anteriores podemos considerar que la SEA tuvo un impacto real y evidente en la construcción de ideas en torno a la energía cada vez más sofisticadas y coherentes con el MCE, así como en la cantidad de estudiantes que muestran un modelo de energía equilibrado.

En concreto, desde un momento inicial a un momento final un 23% de los estudiantes avanzaron desde el grado de sofisticación bajo al grado de sofisticación alto de las ideas del MCE (cambio en 3 grados de sofisticación). Un 54% de los estudiantes avanzaron desde el grado de sofisticación básico al alto o del grado de sofisticación bajo al medio, (cambio en 2 grados de sofisticación). Finalmente, un 23% de los estudiantes avanzaron desde el grado de sofisticación medio al alto o del grado de sofisticación básico al medio, (un cambio en 1 grado de sofisticación). Por lo tanto, los estudiantes A9, A10, A13, A18 y A19 dan evidencia de experimentar una gran evolución (3 grados de sofisticación), los estudiantes A1, A2, A3, A4, A6, A6, A8, A12, A15, A16, A20 y A22 dan evidencia de experimentar una evolución media (2 grados de sofisticación) y los estudiantes A7, A11, A14, A17 y A21 dan evidencia de experimentar una menor evolución (1 grado de sofisticación).

Respecto al grado de sofisticación de cada una de las ideas del MCE podemos mencionar que desde un momento inicial a un momento final, un 82% de los estudiantes experimentó una evolución desde estadios menos sofisticados a estadios más sofisticados de la idea de naturaleza de la energía del MCE y un 18% de los estudiantes da evidencia de un mismo dominio de esta idea de un momento inicial al final. En concreto, considerando como estadios deseables del MCE los estadios 3 y 4, un 72,5% de los estudiantes dan evidencia de un dominio encontrado en el estadio 4 y un 22,5% en el estadio 3. Por lo tanto, un 95% de los estudiantes muestra un dominio de esta idea y se encuentran en un estadio deseable del MCE en un momento final.

Para la idea de transferencia de la energía podemos mencionar que un 100% de los estudiantes experimentó una evolución desde estadios menos sofisticados a estadios más sofisticados de un momento inicial al final. En cuando a los estadios deseables del MCE, podemos señalar que un 77% de los estudiantes dan evidencia de un dominio encontrado en el estadio 4 y un 23% en el estadio 3. Por lo tanto, un 100% de los estudiantes muestra un dominio de esta idea y se encuentran en un estadio deseable del MCE en un momento final.

Para la idea de degradación de la energía podemos mencionar que un 95,5% de los estudiantes experimentó una evolución desde estadios menos sofisticados a estadios más sofisticados de un momento inicial al final. En cuando a los estadios deseables del MCE, podemos señalar que un 32% de los estudiantes dan evidencia de un dominio encontrado

en el estadio 4 y un 59% en el estadio 3. Por lo tanto, un 91% de los estudiantes muestra un dominio de esta idea y se encuentran en un estadio deseable del MCE en un momento final.

Para la idea de conservación de la energía podemos mencionar que un 68% de los estudiantes experimentó una evolución desde estadios menos sofisticados a estadios más sofisticados de un momento inicial al final. En cuanto a los estadios deseables del MCE, podemos señalar que un 9% de los estudiantes dan evidencia de un dominio encontrado en el estadio 4 y un 45,5% en el estadio 3. Por lo tanto, un 54,5% de los estudiantes muestra un dominio de esta idea y se encuentran en un estadio deseable del MCE en un momento final, siendo la idea que muestra más complejidades en su construcción.

Por otra parte, respecto al tipo de modelo hemos encontrado que al finalizar la SEA un 77% de los estudiantes da evidencia de un modelo de energía equilibrado y un 23% de un modelo de energía incompleto que obvia la conservación de la energía.

A partir de estos resultados, tenemos evidencia que todos los estudiantes experimentaron una evolución de las ideas de sus modelos de energía y finalizaron la SEA con explicaciones más sofisticadas que en un momento inicial. En término de cantidad de saltos la idea de transferencia y degradación de la energía fueron las que experimentaron más saltos de estadios menos sofisticados a estadios más sofisticados, seguidos por la idea de degradación de la energía y naturaleza de la energía. Esta última fue la que evidenció menos cantidad de saltos considerando que comenzó bastante sofisticada en relación con las demás.

4.2.3. Respecto a las ideas de energía declaradas por los futuros profesores en el test de entrada y salida

En el test de entrada, realizado previo a la implementación de la SEA, los futuros profesores mencionaron qué aspectos en torno a la energía enseñarían en sus futuras clases. Al ser estudiantes de segundo año de formación en la Pedagogía en física y matemática, sus respuestas estuvieron muy influenciadas por sus aprendizajes de la escolaridad y la breve formación universitaria vivida. Los aspectos energéticos fueron muy poco mencionados en sus respuestas, que resultaron muy ambiguas y en muchos casos asociados a afirmaciones sin justificación.

Respecto a la idea de la naturaleza de la energía un 32% mencionan que resaltarían la importancia de conocer y comprender los tipos de energía. Un 18% menciona que enseñaría los tres tipos de energías que existen (potencial, cinética e interna), un 9% que la energía está en las cosas 9% y con el mismo porcentaje que se puede determinar, así como un 9% evidencia una idea de energía asociada al estado de un sistema.

Analizando estas respuestas en base a los estadios del MCE de energía (descritos en el apartado 4.1.1) construimos una gráfica para representar el porcentaje de estudiantes que menciona aspectos en relación con los estadios de la idea de naturaleza de la energía. Así, un 9% de los futuros maestros da evidencia en sus producciones de estar situado en el estadio ES1 y con un 9% en el estadio ES3. Dentro de esta idea un 9% menciona el estadio de la subidea valor absoluto VA1.

Respecto a la idea transferencia de energía, los estudiantes no fueron concretos en sus respuestas y respondieron en base a frases cortas no justificadas. Un 9% menciona que enseñaría que la energía se transfiere, con el mismo porcentaje mencionan que enseñarían que existen mecanismos de transferencia de energía, que enseñarían la relación entre trabajo y energía y que la energía no se crea ni se destruye solo se transforma. Analizando en base a los estadios de la idea de transferencia de energía, un 18% estaría situado en el estadio WQ2 (considerando los que mencionan que la energía se transfiere y que existen mecanismos sin mencionarlos) y un 9% estaría en el estadio WQ1 de transformación de la energía.

Finalmente, las ideas de conservación y degradación de la energía fueron las menos mencionadas como contenido para tener en cuenta en la enseñanza previo a la implementación de la SEA. Un 5% de los futuros profesores señala que la energía se conserva, con el mismo porcentaje señalan que la energía no se pierde pero se disipa y que se disipa pero sin hablar de su conservación. En términos de los estadios del MCE los estudiantes estarían situados con un 5% en el estadio C3, con un 5% en el estadio C2 y con un 5% en el estadio D2.

Como nos podemos dar cuenta, las ideas iniciales en torno a la energía de los futuros profesores son muy precarias y en algunos casos asociadas a ideas alternativas. Podemos intuir que estos contenidos no fueron abarcados a lo largo de su escolaridad y en el caso de haber sido estudiados, muy probablemente algunas de las falencias encontradas en la revisión del currículo chileno se manifestaron en su enseñanza. Durante el primer año de

universidad tuvieron nociones del concepto en dos asignaturas (Física de lo cotidiano I y Física de lo cotidiano II), sin embargo, es evidente que tampoco se realizó una reflexión profunda en torno al tema por ser asignaturas enfocadas a los contenidos de mecánica, ondas, óptica, termofluidos y electromagnetismo a grandes rasgos, considerando que en años posteriores se estudia cada contenido en una asignatura específica.

En el test de salida, aplicado al finalizar la SEA, los cambios que se evidencian en las ideas de los estudiantes sobre qué enseñar sobre energía son drásticos. Las declaraciones de los estudiantes son un poco más coherentes con el MCE que se pretendía que construyeran. Esperábamos, sin embargo, que fuera mayor el porcentaje de estudiantes que mencionara estos aspectos teniendo en cuenta los buenos resultados respecto el dominio del MCE de los futuros profesores. A pesar de haber mostrado dominio del MCE de energía en sus actividades como alumnos que aprender a dominar este modelo, como futuros docentes algunos no respondieron o también hicieron referencia a otros aspectos no incluidos en el MCE de energía.

Respecto a la idea de naturaleza de la energía, al hablar de qué enseñar se dejan de mencionar ideas como la comprensión de múltiples tipos de energía o que la energía pertenece a los cuerpos. Un 50% de los futuros profesores señala que enseñaría que la energía se asocia al estado o configuración de un sistema, y que la energía no reside en los objetos. Un 41% menciona que enseñaría que existen solo tres tipos de energías cinética, potencial e interna. Este resultado llama la atención considerando que esta idea no fue construida explícitamente en la SEA, aunque si fue discutida en el momento de revisión del modelo del dossier 1. Consideramos que esta discusión pudo ser relevante para los futuros maestros sobre todo para cuestionar sus conocimientos adquiridos a lo largo de su escolaridad y reflexionar en torno a un contenido en el que se sentían seguros.

Un 27% de los estudiantes mencionan aspectos de la subidea valor absoluto y un 5% en relación con la subidea de aprovechamiento energético. En base a los estadios del MCE podríamos situar a los futuros profesores en un 50% en ES4, en un 27% en VA4 y en un 5% en algún estadio de aprovechamiento energético si hubiesen especificado más aspectos.

Respecto a la idea de transferencia de la energía, al finalizar la SEA se dejan de mencionar ideas como la transformación de la energía o que calor y trabajo son tipos de energía, dando evidencia de una mejora en sus ideas declarados. Con un 41% mencionan que

enseñarían que la energía se transfiere a través de trabajo y calor. Un 18% menciona que la energía se transfiere a través de calor. Un 14% menciona que enseñaría que la energía se transfiere (sin mencionar mecanismos). En el resto de las respuestas, varios de los futuros profesores señalan aspectos de las subideas: un 9% de los estudiantes menciona la importancia de enseñar los modelos macroscópico y microscópico de trabajo y calor y un 9% señala que enfatizaría aspectos macroscópicos del mecanismo de calor. Un 5% señala que discutiría las definiciones típicas de la energía como: “la capacidad de hacer un trabajo”. En concreto, en base a los estadios de la idea de transferencia de energía tendríamos a un 41% situados en el estadio WQ4, un 27% en el estadio WQ3 (sumando a los que hablan de calor) y a un 14% en el estadio WQ2.

En base a estos resultados es evidente que los futuros profesores dan mayor importancia al mecanismo de calor que al de trabajo. Esto puede asociarse a la escolaridad, en la que en general se estudian con mayor frecuencia contenidos asociados a la rama de calorimetría (calor, temperatura, escalas termométricas, cálculos de transferencias de energía a través de calor, cambios de estado de la materia, etc.), mientras que el trabajo se estudia desde la rama de la mecánica y en muchos casos desvinculado del concepto de energía. Incluso esta desvinculación se veía presente en el análisis del currículo chileno que hemos realizado. Este resultado también es coherente con los resultados de la evolución de las subideas de calor y trabajo de los futuros profesores. En su evolución detectamos que construían con mayor facilidad las subideas de calor en relación con las de trabajo. En ese sentido, sus declaraciones son coherentes con los aspectos del modelo construido.

Finalmente, en el test de salida las ideas de conservación y degradación de la energía siguen siendo poco mencionados, aunque en esta oportunidad los futuros profesores mencionan muchos más aspectos que antes de la implementación. Un 23% menciona que la energía se conserva, un 23% que la energía se degrada, un 18% menciona que la energía no se pierde sino que se disipa. En base a los estadios de las ideas de conservación y degradación de la energía un 23% de los estudiantes se situaría en el estadio C3, un 18% en el estadio C2 y un 28% en el estadio D3.

En síntesis, podemos observar que la idea de naturaleza de la energía es mencionada en su estadio más alto al igual que la idea de transferencia de la energía en un 41%, mientras que las ideas de conservación y degradación de la energía no alcanzan los niveles más sofisticados, aunque experimentan un aumento en el número de estudiantes que los

mencionan. Estas declaraciones no reflejan la construcción de un modelo de energía de los estudiantes coherente con el MCE, pero brindan pistas de aquellos aspectos que consideran más importantes para la enseñanza y aprendizaje, de forma que quizás mencionen aquellos aspectos que dominan menos.

El análisis que hemos realizado de las declaraciones que realizan los futuros profesores en torno a qué aspectos son importantes a enseñar en relación con la energía, se inspira en un estudio realizado Doménech et al. (2013) en el que pretenden dar respuesta a la pregunta ¿contemplan los profesores los diferentes aspectos que permiten una comprensión adecuada del concepto de energía en bachillerato?

Los autores constataron que los profesores dejan de lado aspectos fundamentales del concepto y otros los plantean con bastante superficialidad. Dentro de sus resultados encontraron que un 55% de los profesores en formación consideran la comprensión de la energía básicamente por su conservación, resultados pobres que hacen cuestionar el tipo de enseñanza en secundaria y universitaria de estos futuros profesores. La gran mayoría de los participantes de este estudio ignoran la degradación de la energía, por ende ignoran la contribución del segundo principio de la termodinámica a la concepción científica de energía. También los autores plantean que existen diferencias entre los profesores en activo y los que están en formación respecto de lo que supone una comprensión adecuada de la energía, sin embargo, estas diferencias tampoco son tan notorias.

Comparando estos resultados con los obtenidos en nuestro estudio, podemos mencionar que antes de la implementación de la SEA los futuros profesores de nuestro estudio no consideran la conservación ni la degradación de la energía como aspectos fundamentales a enseñar, por lo tanto, incluso sus respuestas fueron más deficientes que las de los participantes del estudio de Doménech y colegas (2013). Posterior a la implementación de la SEA, el porcentaje de estudiantes que menciona la degradación de la energía aumenta e incluso es mejor que el porcentaje del otro estudio. La conservación de la energía es muy poco mencionada, lo que puede reflejar la inseguridad de los futuros maestros en su comprensión. Sin embargo, otras ideas del modelo son muy mencionadas y con mejores resultados que en el otro estudio. Esto refleja que la SEA, a pesar de no estar orientada a la reflexión didáctica sobre qué enseñar, contribuyó en que sus declaraciones fueran más completas y fueran capaces de identificar varios aspectos en relación con el concepto de energía.

4.2.4. Respecto a los niveles de dominio del MCE declarado

Los niveles de identificación del MCE fueron creados a partir de las declaraciones que realizaron los futuros profesores respecto a qué ideas relacionadas con la energía enseñarían en sus próximas clases. Estos niveles están relacionados con los aspectos denominados como conocimiento didáctico del contenido, es decir, con el Pedagogical Content Knowledge propuesto por Shulman (1986).

A partir de los análisis de resultados de los niveles de dominio del MCE declarado en contraste con el nivel de dominio del MCE final, se pudo identificar que del grupo de estudiantes que respondió el test de salida y evidenció un grado alto de sofisticación de las ideas del MCE en un momento final, solo el estudiante A1 realiza declaraciones de las que inferimos un grado alto de sofisticación del MCE declarado para la futura enseñanza. De este mismo grupo un 75% de los estudiantes con un grado de sofisticación alto declaran aspectos asociados de un grado bajo de sofisticación de las ideas de MCE y un 19% de los estudiantes con un grado de sofisticación alto declaran aspectos asociados a un grado medio de sofisticación de las ideas de MCE.

Por otra parte, del grupo de estudiantes que respondió el test de salida y evidenció un grado medio de sofisticación de las ideas del MCE, en un momento final, un 50% da evidencias en sus declaraciones del mismo nivel y un 50% hace referencia a aspectos a enseñar de grado bajo.

A nivel general, un 70% de los estudiantes que contesta el test de salida declara que enseñaría ideas del MCE energía inferiores a las que han construido en la SEA. Por otra parte, un 30% de los estudiantes declara aspectos que enseñaría que tienen asociadas ideas del MCE que no han construido. La idea del MCE no construida que más se infiere en las respuestas del test de salida de los futuros profesores es la de conservación de la energía. Este resultado es coherente con estudios anteriores de Doménech et al. (2013) en los que identifican que la conservación de la energía es uno de los aspectos al que los futuros profesores y profesores en ejercicio le dan más relevancia para la enseñanza. Sin embargo, podemos apreciar que esta valoración no necesariamente implica una comprensión de este aspecto.

Por otra parte, a partir del grupo de estudiantes que respondió el test de salida y evidenció un modelo equilibrado de energía en un momento final, solo el estudiante A1(6%) realiza

declaraciones de las que inferimos un modelo equilibrado de energía. De este mismo grupo un 75% de los estudiantes con modelo equilibrado declaran aspectos asociados a un modelo altamente incompleto, un 13% declara aspectos de un modelo incompleto que obvia la conservación de la energía y un 6% declara aspectos de un modelo incompleto que obvia la transferencia de la energía.

Del grupo de estudiantes que respondió el test de salida y evidenció un modelo incompleto que obvia la conservación de la energía en un momento final, un 50% da evidencias en sus declaraciones de aspectos asociados a un modelo altamente incompleto, un 25% declara aspectos de un modelo incompleto que obvia la naturaleza de la energía y un 25% declara aspectos de un modelo incompleto que obvia la degradación de la energía.

A pesar de las posibles limitaciones metodológicas del estudio (el hecho de preguntar sobre el MCE de energía a enseñar según los futuros profesores solo con una pregunta), estos resultados parecen indicar que los conocimientos didácticos del contenido, a pesar de que derivan del dominio de la disciplina, son más difíciles de adquirir y no dependen directamente de estos. Por lo tanto, el implementar una unidad didáctica para el dominio del contenido (como en nuestro caso una SEA modelizadora de la energía), es una condición necesaria pero no suficiente para que los estudiantes desarrollen sus conocimientos didácticos del contenido, incluso para aspectos relacionados como la selección del contenido. Es necesario que los profesores en formación además realicen reflexiones sobre qué ideas relacionadas con la energía les han supuesto dificultades o les han permitido predecir y explicar, y que esto también puede suceder para sus estudiantes, así como la forma en la que se debería enseñar la energía, etc.

4.2.5. Respecto a las actividades que contribuyen en la evolución de los MCE de los estudiantes

Somos conscientes que el diseño de la SEA basado en investigación fue esencial para que los estudiantes experimentaran una evolución de sus modelos. Así, para el diseño usamos una definición del MCE de energía basada en los energy-related concept de Ogborn y el uso del ciclo de modelización para organizar las actividades, para ver qué actividades concretas de la SEA han propiciado mejoras más significativas en el aprendizaje de los estudiantes, hemos realizado un análisis de las transiciones de un momento de análisis a otro detectar cuáles fueron las actividades de mayor impacto. Es decir, identificamos cuáles

fueron las que generaron una evolución de los modelos de los futuros profesores desde estadios más simples a estadios más sofisticados y cercanos al MCE.

Respecto a las ideas del MCE relacionados con la naturaleza de la energía, la transición más importante fue la del M2 al M3 donde un 77,5% de los estudiantes asciende a estadios superiores, un 22,5% de los estudiantes se mantiene en el mismo estadio, predominando el estadio más alto ES4 con un 18% y ningún estudiante desciende de un estadio a otro. Para propiciar esta transición se realizaron preguntas de la fase de modelización de expresar el modelo (fase 2) e identificamos que esta fase tuvo un rol de aplicación en el momento M3 (sin ser directamente su objetivo didáctico) debido a que permitió que los estudiantes usaran el modelo construido a lo largo del dossier 1 para la explicación de nuevos fenómenos de los dossiers 2 y 3.

Otra transición relevante fue la del momento M4 al M5, considerando que fue la segunda con una alta concentración de estudiantes (después del momento M3) que se mantuvieron en modelos sofisticados en el estadio ES4 con un 82%. Durante el momento M4 se analizaron respuestas de la fase de evaluar / poner a prueba el modelo (fase 3) y durante el momento M5 una pregunta de la fase de expresar el modelo (fase 2). Al igual que en el momento M3, la fase de expresar el modelo cumplió el rol de aplicación de la idea de naturaleza de la energía en un momento posterior.

Para el aspecto de transferencia de la energía del MCE se detectaron 3 transiciones relevantes. La primera transición identificada del M1 al M2 permitió situar a un 9% de los estudiantes en el estadio WQ4, a un 41% en el estadio WQ3 y a un 41% en el estadio WQ2, disminuyendo el número de estudiantes que hablaban de transformación de la energía y sobre todo aumentando el número de estudiantes que hablaba de transferencia de energía sin identificar mecanismos a comenzar a mencionar al menos uno de ellos.

La segunda transición importante identificada fue la del M2 al M3. Esta transición no fue de las más cruciales en términos de ascenso de un estadio a otro, pero fue clave para que el 100% de los estudiantes utilizara la idea de transferencia de energía, dejando de hablar en términos de transformaciones de energía. A partir de esta transición un 55% de los estudiantes utiliza en el momento M3 el modelo WQ4 y un 32% el modelo WQ3.

Finalmente, la tercera transición relevante fue la del momento M3 al M4 en la que un 54% de los estudiantes asciende de un estadio inferior a uno superior. Gracias a esta transición

un 55% de los estudiantes logra posicionarse en el estadio ES4 y un 32% en el estadio ES3.

Al igual que en la idea de naturaleza de la energía en estas transiciones analizamos preguntas de las fases de expresar el modelo (fase 2) y evaluar / poner a prueba el modelo (fase 3). Así, identificamos la importancia de la experimentación para que los estudiantes pusieran a prueba sus explicaciones iniciales y el rol de las preguntas de expresar el modelo en dossiers siguientes como una forma de aplicación de los modelos construidos a nuevas situaciones.

Con respecto a las ideas sobre degradación de la energía del MCE identificamos tres transiciones importantes. La primera transición identificada del M1 al M2 no contribuyó mayormente en un porcentaje de ascensos, más bien permitió que los estudiantes que mencionaban aspectos del estadio D2 se mantuvieran y que los estudiantes que no mencionaban ningún aspecto en torno a la degradación de la energía comenzaran a mencionarlos. En concreto en el momento M2 un 64% de los estudiantes utilizó el estadio D2 en sus explicaciones y un 32% continuó sin mencionar aspectos. La segunda transición importante fue la del M2 a M3 donde un 59% de los estudiantes aumento de estadios inferiores a estadios superiores. En el momento 3 la concentración de estudiantes en D2 se mantiene (64%) pero un 32% comienza a mencionar el estadio D3, de este modo un 96% de los estudiantes utiliza la idea de degradación de la energía en sus explicaciones. Finalmente la transición más importante fue la del momento M3 al M4, considerando que en ella un 64% de los estudiantes asciende de un estadio inferior a uno superior, de este modo en el momento M4 un 32% se sitúa en el estadio D4, un 59% en el D3 y un 9% en el D2.

Con respecto a las ideas de degradación de la energía del MCE, se mantiene la tendencia de las transiciones de las ideas ya mencionadas, donde prevalecen preguntas de las fases de expresar el modelo (fase 2), evaluar / poner a prueba el modelo (fase 3), pero también se analizan preguntas de la fase aplicar el modelo (fase 6).

Respecto al aspecto de la conservación de la energía del MCE se identificaron dos transiciones relevantes. La primera transición identificada del M3 al M4 contribuyó en generar un 59% de ascensos desde estadios inferiores del modelo a estadios superiores. Gracias a esta transición un 5% de los estudiantes se sitúa en el estadio C4 y un 32% en el estadio C3 en el momento M4. La segunda transición identificada del M4 al M5

contribuyó en generar un 41% de ascensos desde estadios inferiores del modelo a estadios superiores y la permanencia de un 54% de los estudiantes en los mismos estadios, predominando la permanencia en el estadio C3. Gracias a esta transición un 9% de los estudiantes se sitúa en el estadio C4 y un 45% en el estadio C3 en el momento M5.

Las preguntas analizadas en los modelos de degradación y conservación de la energía fueron las mismas al ser modelos que se relacionan directamente. Al igual que en los casos anteriores las preguntas asociadas a estas transiciones fueron de las fases de expresar el modelo (fase 2), evaluar / poner a prueba el modelo (fase 3), pero también se analizan preguntas de la fase aplicar el modelo (fase 6).

En síntesis, identificamos que las actividades de las fases de evaluar / poner a prueba el modelo fueron esenciales para que los futuros profesores, a la luz de la experimentación y nuevas observaciones, cuestionaran sus explicaciones iniciales de los fenómenos. La fase de expresar el modelo fue clave al ser analizada después de un ciclo, mini ciclo o dossier completo, considerando que tuvo el rol de aplicación de las ideas del modelo construido en el ciclo o miniciclo de modelización anterior para la explicación de nuevos fenómenos, así mismo la fase de aplicar el modelo fue clave en este mismo rol.

En las subideas del MCE también de destacan estas mismas fases, aunque en ocasiones la fase de revisión del modelo (fase 4) fue esencial sobre todo para subideas muy abstractas como la de valor absoluto de la energía que no eran fáciles de poner a prueba experimentalmente, considerando que a partir de la discusión con sus pares fueron capaces de refinar sus explicaciones.

4.2.6. Respecto a las actividades que declaran los estudiantes que los han hecho aprender y la valoración de la modelización como método de enseñanza

Una de las tareas útiles que destacan los estudiantes para el aprendizaje de ciencias en el test de salida es la experimentación. Si sumamos el porcentaje de estudiantes que menciona que aprendió al realizar experimentos y el resto de los estudiantes que asocia esa experimentación a la fase de evaluar / poner a prueba el modelo, el porcentaje asciende a un 91%.

Las razones que dan los futuros docentes para valorar la tarea de experimentar en el laboratorio reflejan el debate actual sobre la investigación en la comunidad de la educación

científica: el valor de la observación directa y la oportunidad para la construcción de las propias ideas en base a cuestionarlas (Garrido, 2016), por ejemplo: A1 *“Cuando trabajamos con observaciones prácticas, el alumno utiliza el ingenio para obtener el conocimiento gracias a la observación”*. Sin embargo, esta no deja de ser una visión empirista y un poco naif, cercana a los métodos de enseñanza por indagación, del proceso de aprendizaje y construcción de las ideas científicas, en el sentido que no podemos simplemente inferir de experimentos reales o mentales de las ideas científicas (Couso, 2014).

Otras de las actividades de modelización que señalan con un gran porcentaje son las de expresar el modelo (59%), consensuar el modelo (45%) y aplicar el modelo (55%). Con respecto a expresar el modelo y aplicar el modelo, estos resultados son coherentes con las actividades detectadas como claves para la evolución del modelo de energía de los futuros profesores, donde las fases de expresar el modelo que actuaban como aplicación del mismo fueron de las más productivas. Consensuar el modelo, sin embargo, a pesar del reconocimiento de los futuros docentes sobre su utilidad no fue una fase asociada a los momentos de máxima evolución en las ideas de los futuros profesores excepto para algunas subideas abstractas.

Algunas de las tareas que no son propias de la modelización y que fueron muy escogidas por los estudiantes, fueron la actividad de tener las ideas clave escritas al final de la clase y conocer vocabulario científico. En cuanto a las razones para elegir la tarea “tener las ideas clave escritas al final”, los futuros profesores expresan la importancia de redactar estas ideas para poder concluir sus ideas de manera correcta y contrarrestar sus preconceptos. Finalmente expresan que conocer el vocabulario científico es crucial para su posterior desempeño docente, considerando que deben evitar la transmisión de ideas erróneas. A pesar de que fundamentan esta elección de manera adecuada, consideramos que estos resultados también pueden ser evidencia de la cultura escolar previa en la que se destaca el rol del vocabulario científico y de los cálculos en las disciplinas científicas por sobre otro tipo de actividades que también pueden ser claves en el aprendizaje de las ciencias.

Al realizar las preguntas abiertas un 73% de los estudiantes destacan actividades relacionadas con la fase de evaluar / poner a prueba el modelo y un 50% actividades de revisar / consensuar el modelo. Este último tipo de actividades también fue relevante en la evolución de los modelos de los estudiantes sobre todo en la construcción de subideas de carácter más abstracto como la subidea del valor absoluto de la energía. Por lo tanto,

podemos señalar que existe una coherencia entre las declaraciones de los estudiantes y las actividades que hemos detectado como claves para la evolución de los modelos energéticos de los futuros maestros.

Respecto al tipo de actividades que los futuros profesores señalan que les han hecho falta en la SEA nuevamente surgen aspectos como la carencia de cálculos a lo largo de la SEA o la importancia de tener las ideas escritas en los cuadernos, lo que nos hace reflexionar en como han incidido las prácticas tradicionales en su formación docente y la dificultad que se genera en ellos al ser partícipes de clases distintas y con un enfoque mucho más dialógico y socio-constructivista.

Cuando se pregunta a los futuros profesores qué propuesta es similar al enfoque utilizado en la asignatura, un 77% identifica la propuesta correcta de enseñanza de las ciencias centrada en la modelización. Además, la mayoría es capaz de describir las características del enfoque metodológico de acuerdo con el ciclo de modelización. Los estudiantes que no identifican la correcta, aún así hacen referencia a aspectos de modelización que no corresponderían a las otras propuestas, por lo tanto, parecen valorar al menos en parte el enfoque metodológico vivido como alumnos. En este sentido, podemos decir que los futuros profesores son capaces de reconocer la propuesta y en algunos casos señalan la posibilidad de utilizarla en su próximo quehacer docente, sobre todo por la valoración que tienen en torno al ciclo de modelización, el rol de sus fases o en algunos casos a nuestro enfoque metodológico.

Los futuros profesores no solo valoran las actividades explícitas de modelización, como útiles para el aprendizaje de las ciencias, sino que también valoran otro tipo de actividades que no se relacionan directamente con este proceso. Aun así, consideramos que las actividades que no se relacionan directamente con la modelización, igualmente han estado impregnadas o formando parte de una secuencia altamente modelizadora, por lo que resulta difícil diferenciar actividades “no modelizadoras”. Además, debido al carácter altamente dialógico de la propuesta, para los alumnos posiblemente esas actividades son vividas como mucho más “modelizadoras” que lo que son habitualmente en otro tipo de secuencias o instrucciones.

Aunque con los datos que hemos analizado no podemos relacionar aprendizaje con práctica docente, el reconocimiento de las actividades y propuestas modelizadoras por parte de los futuros profesores nos hace seguir considerando esencial que los futuros

maestros sean partícipes de prácticas que se esperan contribuyan a su formación, como pre-requisito para que puedan aplicar una metodología diferente a la que ellos han vivido durante la mayor parte de su escolarización.

CAPÍTULO 5.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

5.1. Conclusiones de cada análisis, limitaciones e implicaciones

Esta Tesis Doctoral estuvo compuesta por dos grandes objetivos de investigación. Por una parte nos interesaba conocer la influencia de una SEA modelizadora en la construcción y evolución de un modelo de energía adecuado en términos del MCE de energía para futuros profesores de física y matemática. Por otro lado, nos interesaba identificar qué actividades de la SEA fueron claves para potenciar la evolución del modelo de energía de los estudiantes. En este apartado de conclusiones daremos a conocer las contribuciones de este trabajo en relación con cada objetivo de investigación y de cada sub-objetivo que surgió de los anteriores. Así mismo presentaremos algunas limitaciones de esta investigación e implicaciones didácticas.

5.1.1. Evolución de los modelos energéticos de los futuros profesores

Respecto al diseño de la SEA

Como hemos comentado uno de nuestros objetivos era conocer la influencia de una SEA modelizadora de un MCE de energía en la evolución de las ideas que conformaban el modelo de energía de los futuros profesores de física y matemática, por lo tanto, esta investigación comenzó con el diseño de una SEA centrada en el desarrollo de la práctica científica de la modelización para la construcción de MCE de energía. El diseño de la SEA se inspiró en propuestas anteriores del mismo grupo de investigación, en concreto la visión de enseñanza de las ciencias centrada en la modelización propuesta por Hernández (2012) y se estructura usando el ciclo de modelización planteado por Garrido (2016), que surge a partir de otros ciclos de modelización propuestos en la literatura como el de Baek et al. (2011) y de Schwarz et al. (2009). Utilizando estas propuestas se pretendía que los estudiantes construyeran unas ideas claves que conformaron nuestro MCE de energía. La experiencia previa obtenida con la realización del máster y los múltiples estudios realizados en torno a la enseñanza y aprendizaje de la energía tanto a nivel internacional como en el propio grupo de investigación fueron esenciales para plantear el MCE de energía que potenciamos a lo largo de la SEA.

Si bien en esta investigación no hemos presentado los cambios que sufrió el material didáctico desde su primera versión hasta la última implementación que hemos realizado, es importante resaltar que nos hemos inspirados para realizarlos en el paradigma de la investigación basada en el diseño (DBRC, 2003), refinando nuestros materiales didácticos

en base a los resultados de los estudiantes y en base a las observaciones y notas de campo tomadas como docente de la asignatura en cada implementación.

A partir de esta experiencia, una de las primeras conclusiones que podemos obtener es la dificultad de diseñar una SEA modelizadora coherente desde la perspectiva metodológica así como desde una perspectiva de la transposición o reconstrucción del contenido a enseñar.

Con respecto a la metodología de aula, cabe destacar que los futuros profesores vienen con rutinas tradicionales de enseñanza y aprendizaje centradas en la exposición de aquello a aprender y su aplicación en experimentos o problemas. Enseñarles a ser partícipes de una práctica científica de construcción de ideas que desconocen, y con una metodología de aula altamente interactiva y social (centrada en el diálogo en el aula entre estudiantes y con los docentes) en la que tienen que ser agentes activos de su aprendizaje no es algo sencillo. En momentos de la implementación era necesario ir reforzando cuál era el objetivo de cada fase, por ejemplo: “la idea es que a partir de la discusión con sus compañeros vuelvan a revisar sus explicaciones anteriores y si es necesario las pueden modificar” pues en momentos los estudiantes se distraían o desorientaban con el diseño y no entendían porque dar más vueltas a las ideas.

Por otra parte, desde nuestra perspectiva inspirada en la idea de progresión de aprendizaje, aclarar y re-construir didácticamente el contenido en versiones adecuadas para cada nivel de escolaridad es esencial (Couso, 2014). Por este motivo, plantear unas ideas del MCE claras, específicas e identificando su secuenciación también fue un reto como diseñadores, también lo fue encontrar fenómenos paradigmáticos reproducibles en el aula que contribuyeran a la construcción del modelo. Como docente de la asignatura existía un compromiso en plantear un MCE de energía lo suficientemente potente para explicar fenómenos del mundo y para contribuir en los conocimientos del contenido de los futuros profesores pensando en su próximo quehacer docente, teniendo como antecedente las falencias detectadas en el currículo chileno, que es la base de todo profesor y que pretendemos que no repliquen en sus futuras clases. En este sentido, esta Tesis aporta con algunas implicaciones prácticas (como diseños didácticos, una primera expresión del MCE de energía en términos de ideas clave, un conjunto de fenómenos paradigmáticos) que pueden servir a la comunidad educativa en general y en específico a la comunidad participante de este estudio. Esperamos que las próximas generaciones también se

puedan beneficiar con estas sesiones e inspiren a otros docentes de la pedagogía en física y matemática a utilizar el enfoque de prácticas científicas en otras asignaturas.

Limitaciones del diseño

Como docente de la asignatura tuve la posibilidad de presenciar el funcionamiento de la SEA en directo y la principal dificultad evidenciada fue el tiempo. Al disponer de 4 sesiones de 4 horas pedagógicas para construir un modelo tan complejo y abstracto como el energético, reconocemos que cada dossier fue extenso y en momentos era evidente el cansancio de los futuros profesores, poco acostumbrados a un papel tan activo en el aula. Los estudiantes se motivaron con la metodología y aprovecharon todos los momentos de discusión de las fases de sentir la necesidad del modelo (fase 1), revisión del modelo (fase 4) y consenso del modelo (fase 5) para exponer sus puntos de vista, pero como profesora hubo momentos en los que tuve que cortar las discusiones o re-dirigirlas para orientarlos a las ideas del MCE de energía o bien para aprovechar mejor el tiempo. Luego de aplicar la SEA en tres generaciones de estudiantes (la última implementación fue para validar el funcionamiento como docente y no en el marco de esta tesis), he podido detectar actividades que organizaría de otra forma, como por ejemplo las actividades 1 y 3 del dossier 3 que podrían trabajarse en una misma actividad, para poder aprovechar los tiempos sin dejar de lado aspectos metodológicos o del MCE.

Otra limitación es que no podemos garantizar el funcionamiento de esta SEA en cualquier contexto similar al estudiado, ni mucho menos en contextos muy distintos. Sin embargo, esperamos que con pequeñas adaptaciones o con otros fenómenos paradigmáticos se puedan generar resultados similares en otros contextos.

Respecto a la evolución del modelo de energía de los futuros profesores

Hemos representado la evolución global de las ideas del modelo de energía de los futuros profesores hablando de estadios o niveles de progreso, sofisticación o coherencia con el MCE, inspirándonos en el marco de las progresiones de aprendizaje (Duschl et al., 2011). Al igual que en estudios anteriores del mismo grupo de investigación (Hernández, 2012 y Garrido, 2016), hemos analizado y representado en gráficas, por momentos del proceso de enseñanza y aprendizaje, el porcentaje de estudiantes que podíamos situar en cada uno de estos estadios a raíz de sus producciones. A partir de estas gráficas pudimos observar que la participación en las prácticas científicas de modelización que promueve la

SEA diseñada contribuyó en que los futuros profesores progresaran a versiones más sofisticadas del modelo, acercándose cada vez más al MCE deseado.

Los estadios de evolución en los que se situaron los futuros profesores no necesariamente coincidieron con las ideas del MCE de energía que queríamos potenciar, pues los estudiantes utilizan versiones más o menos sofisticadas del modelo en distintos momentos de la SEA. En base a estos resultados, pudimos indentificar cuáles fueron las ideas que más evolucionaron y cuáles tuvieron asociadas mayores complejidades para su construcción.

Una de las ideas que tuvo una mejor evolución fue la de transferencia de la energía, donde hubo evidencia de que los estudiantes pasaron de mencionar tipos y transformaciones de la energía en sus producciones a reconocer la transferencia entre partes del sistema e identificar los mecanismos de transferencia de energía (calor y trabajo), así como las características macroscópicas y microscópicas asociadas a estos.

La segunda idea que presentó una gran evolución fue la de degradación de la energía. Sin embargo, a pesar de que la gran mayoría de los estudiantes pasó de no mencionar aspectos relacionados con ella a comenzar a mencionarlos en sus explicaciones, la evolución que tuvo no representa lo que esperábamos. Esta es una idea del MCE que varios autores consideran intuitiva y sencilla de construir, sin embargo, en nuestros resultados los estudiantes identifican la degradación de la energía (mayoritariamente) como energía transferida al aire que no se puede usar. Estos resultados coherentes con el estudio de Pinto et al. (2005) y señalan la importancia de profundizar en los procesos asociados a la degradación de la energía más allá de la disipación.

La idea de naturaleza de la energía fue un caso especial, pues considerábamos que era un idea compleja de construir que, sin embargo, desde sus inicios comenzó con respuestas muy sofisticadas de los estudiantes. Asociamos este hecho principalmente al enfoque de las tareas planteadas, en las que desde el inicio de la SEA se habla de estados del sistema y cambios en los mismos. Es un idea que no evidenció en terminos cuantitativos mucha evolución (considerando que comenzó sofisticado) pero, finalizó con la mayoría de los estudiantes con un modelo sofisticado y deseado.

Finalmente, la idea de conservación de la energía, a pesar de ser una de las ideas más transmitidas a lo largo de la escolaridad, fue la idea con mayores dificultades para su

construcción. Consideramos que esta idea contiene aspectos abstractos que entran en contradicción con fenómenos de la vida diaria en los que es evidente la degradación de la energía. También, consideramos que tampoco existe un gran abanico de fenómenos paradigmáticos que podamos utilizar para su construcción, puesto que se trata de un principio o idea teórica que en realidad no podemos experimentar. De hecho, los resultados de la evolución de las ideas de conservación y degradación de la energía, pese a todo positivos, se asocian sobre todo a momentos de la fase de evaluar / poner a prueba el modelo, donde utilizamos analogías (Oliva & Aragón, 2009) para que los estudiantes interpretaran y explicaran los fenómenos sin necesariamente experimentar con el fenómeno real.

En síntesis, evidenciamos que las ideas del MCE más sencillas de construir en un orden de menor a mayor complejidad fueron las de: naturaleza de la energía, transferencia, degradación y conservación.

Dentro de la evolución de los estudiantes, se observa que en algunos momentos el grupo avanza, se mantiene o retrocede continuamente de un estadio a otro. En ese sentido estamos de acuerdo con Garrido (2016) en que los modelos de los alumnos no son totalmente robustos y estables en el tiempo, sino que se ven afectados por el contexto, como por ejemplo el fenómeno que se intenta explicar, el comentario del docente o la opinión dada por compañeros, etc. Sin embargo, si se puede hablar de una tendencia evolutiva en los mismos a lo largo de la SEA, que es lo que asociamos a aprendizaje.

Por último, valoramos las oportunidades que nos brindan las progresiones de aprendizaje empíricas (evolución de los modelos) considerando que pueden servir para guiar nuevos diseños y para guiar la evaluación.

Limitaciones del análisis de la evolución de los modelos de los futuros profesores

La evolución de las ideas de la naturaleza de la energía y la transferencia de la energía nos dejan bastante satisfechos, pues evidenciamos cambios sustanciales (sobre todo en la idea de transferencia) en las respuestas iniciales y finales que dan los futuros profesores. Sin embargo, consideramos que con la evolución de las ideas de degradación y conservación de la energía no son totalmente satisfactorias. Consideramos, por una parte, que brindamos menos tiempo a lo largo de la SEA a la construcción de estas ideas (construidas principalmente en el dossier 4) y que hizo falta tener alguna sesión adicional

en la que a través de nuevas analogías o nuevos fenómenos paradigmáticos hubiésemos puesto a prueba la construcción de estas ideas para fortalecerlas.

Por otra parte, creemos que hizo falta alguna reflexión más profunda en el momento del consenso del modelo (fase 5) para poder discutir y reflexionar en torno a estas ideas con más profundidad. Así mismo, consideramos que en las preguntas de aplicación (de la prueba) no fueron eficientes para que los futuros profesores utilizaran las ideas de degradación y conservación de la energía para explicar los fenómenos asociados a cadenas energéticas.

Respecto a los niveles de dominio del MCE inicial y final de los futuros profesores

La evolución de las ideas de energía de los estudiantes fue elaborada para tener una visión global del modelo de energía que evidenciaban en distintos momentos de la SEA, pero no nos permitían visualizar la evolución individual de cada futuro profesor. Por este motivo, surgen los niveles de dominio del MCE que por una parte nos permiten identificar el grado de sofisticación de las ideas del MCE así como el tipo de modelo de energía que evidencia cada futuro profesor. Consideramos que estos niveles están asociados al conocimiento del contenido a enseñar, es decir, al subject matter knowledge de Shulman (1986).

A nivel metodológico, presentamos los niveles de dominio del MCE a través de gráficas que consideramos que fueron pertinentes y eficaces para representar el dominio de cada idea del MCE de energía, considerando que en una misma representación nos permitieron ver la evolución de los estudiantes de forma desagrupada, pudiendo observar el cambio que experimentó cada uno de los estudiantes respecto al nivel de sofisticación de las ideas del MCE de energía y del tipo de modelo (a partir de su forma) que se infiere de sus producciones en un momento inicial y final. A partir de estas gráficas también pudimos conocer la cantidad de saltos que experimentó cada uno de los estudiantes, cuantos grados de sofisticación de las ideas del MCE hubo de un momento inicial a un momento final e identificar qué estudiantes experimentaron un grado de evolución alto, medio y una menor evolución.

Respecto al MCE de energía declarado por los futuros profesores en test de entrada y salida y al nivel de dominio declarado

Las declaraciones de los futuros maestros son un elemento importante para detectar aspectos relacionados con el conocimiento didáctico del contenido (Shulman, 1986) que se comienzan a desarrollar en su formación. Este caso nos centramos en qué contenidos relacionados con la energía enseñarían en sus futuras clases, y por tanto, en un aspecto pequeño de este conocimiento didáctico del contenido. Realizamos esta misma pregunta antes de la implementación de la SEA y posterior a esta, y los resultados dan evidencia de respuestas más coherentes con el MCE deseado en el test de salida, aunque de forma limitada.

Los futuros profesores en general declaran que enseñarían aspectos en relación con las ideas de naturaleza y transferencia de la energía y en menor grado mencionan aspectos de la degradación y conservación de la energía. A pesar de que estas declaraciones no reflejan literalmente su modelo de energía construido a lo largo de la SEA, consideramos que mencionar unas ideas u otras pueden reflejar aquellos conocimientos con los que se sienten más seguros (aquellos que mejor han aprendido). A pesar de que en estudios de Doménech et al. (2013) los resultados muestran que los estudiantes de magisterio mencionan la conservación de la energía como la noción más importante, en nuestro estudio no se aprecian estos resultados y los estudiantes tienden a mencionar aquellos aspectos que han construido (a pesar de que existen excepciones que comentaremos más adelante).

A partir de las declaraciones del test de salida surgen los niveles de dominio del MCE declarados. Estos niveles de dominio del MCE declarados también fueron graficados (al igual que los niveles de dominio del MCE) y nos permitieron conocer todas las ideas que los futuros profesores consideran relevantes (en torno a la energía) para su próximo quehacer docente y el tipo de modelo de energía que declaran.

Al contrastar los niveles de dominio real (competencial) demostrados durante la SEA para el MCE y los niveles de dominio del MCE declarados como importantes a enseñar, los resultados son categóricos: un 70% de los futuros profesores declara que enseñaría aspectos del MCE de energía inferiores a los que han construido en la SEA y un 30% declara que enseñaría aspectos más sofisticados que los que han construido. La idea que más se declara a enseñar sin ser construida por los estudiantes fue la de conservación de

la energía, este resultado es coherente con los estudios de Doménech et al. (2013) y nos da a conocer la importancia que dan los futuros profesores a esta idea a pesar de que no logran comprenderla.

Desde el marco de Shulman (1986) estos resultados reflejan que los conocimientos didácticos del contenido a pesar de que deriven del dominio de la disciplina son más difíciles de adquirir y no dependen directamente de este. Hacer una unidad didáctica o una SEA para el dominio del contenido es una condición necesaria pero evidentemente no suficiente.

En general, y en particular en el contexto de esta investigación las carreras de formación de docentes tienden a separar mucho el contenido disciplinar de la didáctica de la disciplina. De esta forma, las reflexiones que son necesarias para formar un conocimiento didáctico del contenido se hacen en otro momento o incluso no se hacen. Esto nos hace pensar en la importancia de haber formado “didácticamente” a nuestros futuros docentes, aunque sea de forma superficial. Es decir, la importancia de incluir reflexiones sobre qué ideas relacionadas con la energía han tenido en otros momentos y cuáles tienen ahora; cuáles de estas ideas, de acuerdo con la literatura, es probable que pueden tener sus futuros estudiantes; qué dificultades tienen los alumnos en general al enfrentarse al contenido de energía; cómo se debería enseñar la energía y porque les hacemos vivir una SEA con la metodología concreta utilizada. Por lo tanto, consideramos esencial promover una reflexión didáctica para que los futuros profesores relacionen lo aprendido en las asignaturas con lo que se espera que enseñen en el futuro (Garrido, 2016; Martínez-Chico et al., 2014; Martínez-Chico, 2013; Osborne, 2014), de ese modo estaríamos potenciando los conocimientos del contenido así como los conocimientos didácticos de este.

Limitaciones de los niveles de dominio y de los niveles de identificación del MCE de energía

Es importante que los futuros maestros tengan una base sólida tanto de los conocimientos del contenido así como de los conocimientos didácticos de este, pues tener conocimientos de la disciplina no garantiza que se plasmen adecuadamente en el aula. En ese sentido, una limitación de esta investigación es el no haber realizado reflexiones explícitas y constantes a lo largo de la implementación de la SEA respecto el contenido didáctico. Semana a semana antes de comenzar la implementación de cada dossier realizamos una puesta en común en la que discutíamos qué ideas en torno a la energía habíamos aprendido y qué actividades realizadas habían contribuido en su aprendizaje. Sin embargo,

fueron puestas en común breves pensando en la extensión de los dossiers de la SEA. Además siempre fueron enfocadas más al contenido en sí que al modelo didáctico y perspectiva metodológica que también había detrás. Por este motivo, consideramos necesario incorporar reflexiones en torno al contenido así como de la enseñanza de las ciencias centrada en la modelización para que los futuros maestros comprendan los motivos que nos llevaron a insertarlos en un contexto de ACE e incorporen visiones adecuadas de la naturaleza de las ciencias (Crujeiras & Jiménez-Aleixandre, 2012; Garrido, 2016).

También consideramos pertinente para tener una visión más amplia de sus conocimientos didácticos del contenido realizar un análisis de sus reflexiones personales (solicitadas posterior a cada implementación) o el análisis de unidades didácticas que puedan haber creado después de ser partícipes de prácticas científicas. De hecho, por la limitación del tiempo, no se ha incluido esta parte del análisis en esta Tesis a pesar de formar parte de la planificación inicial.

5.1.2. Actividades que contribuyeron en la evolución de los modelos energéticos de los futuros profesores

La implementación de la SEA modelizadora diseñada evidentemente contribuyó en la evolución del modelo de energía de los estudiantes, como ya hemos mencionado, sobre todo en las ideas de transferencia y degradación de la energía. Al analizar las diferentes transiciones de un momento a otro (en cada uno de las ideas), hemos identificado que las fases de modelización más relevantes fueron las de expresar el modelo (fase 2) y evaluar / poner a prueba el modelo (fase 3) para que los futuros profesores experimentaran una mayor cantidad de saltos de estadios menos sofisticados a estadios más sofisticados. En menor grado también identificamos que la fase de aplicación del modelo (fase 6) y la de revisión del modelo (fase 4) contribuyeron en este mismo aspecto.

La fase de evaluar / poner a prueba el modelo fue esencial para que los futuros profesores, a la luz de la experimentación y nuevas observaciones, cuestionaran sus explicaciones iniciales de los fenómenos. La fase de expresar el modelo fue clave al ser analizada después de un ciclo, mini ciclo o dossier completo, adquiriendo un rol de fase de aplicación de las ideas construidas para la explicación de nuevos fenómenos.

Para algunas de las subideas más abstractas como la del “valor absoluto de la energía” la fase de revisar el modelo fue esencial, pues a partir de la entrega de nuevos antecedentes y la discusión con sus pares, varios de los futuros profesores refinaron sus respuestas.

Garrido (2016) a través del análisis del discurso de un grupo de futuras maestras de primaria identificó que en las fases de expresión y evaluación del modelo las maestras utilizan menos tiempo de discusión, priorizando la construcción personal de sus modelos mentales, en ese sentido, podemos relacionar estos resultados con los nuestros e identificar que en las fases de expresar y evaluar el modelo los futuros profesores meditaron más en torno a sus explicaciones de los fenómenos evidenciando una mayor evolución de sus modelos mentales.

Limitaciones respecto al estudio de las actividades que contribuyeron en la evolución de los modelos

Una de las principales limitaciones en la identificación de las actividades que contribuyeron en la evolución de los modelos de los futuros profesores fue la poca concreción y especificidad de las preguntas que fueron claves en el proceso. Esto es así porque a lo largo de la SEA se involucran aspectos de todas las ideas del MCE para ir las construyendo poco a poco, ya que explicar un fenómeno en términos del modelo de energía requiere en la mayor parte de los casos usar todas sus ideas de forma coordinada. A pesar de que en cada dossier se ha enfatizado un aspecto del MCE más que otros, no podemos decir ni pretendíamos que las ideas del MCE se construyeran una a una, de forma separada y estrictamente cronológica. Por ello, los momentos de análisis no fueron necesariamente cronológicos y estuvieron compuestos por varias preguntas (que en algunos casos eran de diferentes dossiers o fases de modelización), lo que dificultaba analizar en que estadio del modelo podíamos situar a los alumnos de acuerdo a la visión de la energía que podíamos inferir de estas preguntas. Esta decisión, en algunos momentos obstaculizó la identificación de las actividades claves, y fue necesario realizar análisis detallados pregunta por pregunta para identificar la que realmente aportó más al cambio, lo que fue un limitante en términos de tiempo. Aunque creemos que esta decisión metodológica fue adecuada, hemos de reconocer que analizamos muchas (quizás demasiadas preguntas) para cada “momento”, ese sentido creemos que en una próxima investigación podríamos tener este factor en cuenta y seleccionar de forma más reducida las preguntas a analizar.

Actividades que declaran los futuros profesores que contribuyeron en su aprendizaje y visiones de la modelización de estos

Al analizar las 5 actividades ejecutadas en clases que escogen los estudiantes encontramos que un gran porcentaje de ellos escoge actividades de modelización: un 59% de ellos escoge las de expresar el modelo, un 55% las de aplicar el modelo y un 45% las de consensuar el modelo. Los estudiantes mencionan por separado la actividad de realizar experimentos y de evaluar el modelo, sin embargo, al leer sus justificaciones ambas hacen referencia a la experimentación para poner a prueba sus ideas, en ese sentido, la práctica más valorada fue la de evaluar / poner a prueba el modelo en un 91%.

Estos resultados cobran fuerza al analizar sus respuestas abiertas en las que también valoran con un 73% las actividades relacionadas con la fase de evaluar / poner a prueba el modelo y con un 50% las actividades de revisar / consensuar el modelo.

Otras de las actividades valoradas (que no son modelización) fueron con un 73% aprender vocabulario científico y ecuaciones y con un 50% tener las ideas aprendidas escritas. Los futuros profesores expresan la importancia de redactar estas ideas para poder concluir sus ideas de manera correcta y contrarrestar sus preconcepciones, así como el conocer el vocabulario científico es crucial para su posterior desempeño docente considerando que deben evitar la transmisión de ideas erróneas. Consideramos que sus justificaciones fueron apropiadas, sin embargo, estas actividades también son un reflejo de las prácticas escolares tradicionales por las que han pasado y la dificultad que se genera en ellos al ser partícipes de clases distintas y con un enfoque en lo discursivo y social, que prioriza construir significado a nombrar, definir y calcular.

Por lo anterior, y aunque ya lo hemos mencionado consideramos esencial que los futuros maestros sean partícipes de prácticas que se esperan contribuyan a su formación, experimentando y observando en primera persona cómo funciona.

Limitaciones respecto al estudio de las actividades que declaran los futuros profesores que contribuyeron en la evolución de sus modelos

Existe una coherencia entre las actividades que potencian la evolución de los modelos energéticos de los futuros profesores y las señaladas por ellos mismos. Los futuros profesores declaran que las actividades de modelización han contribuido en su aprendizaje

e incluso señalan que las utilizarían, sin embargo, estos resultados no reflejan una internalización de la metodología didáctica que verdaderamente aporte un cambio en su modelo didáctico (pues solo son declaraciones u opiniones). En ese sentido, hubiese sido necesario analizar diseños didácticos contruidos por ellos para identificar si utilizan la modelización y si plasman de forma adecuada sus conocimientos del contenido. Estos resultados los tenemos, pero no han sido analizados en el contexto de esta Tesis, por lo tanto, tenemos la oportunidad de analizar estos aspectos y complementar este aspecto con limitaciones.

5.1.3. Otras conclusiones metodológicas

-El contexto en el que se desarrolló nuestra investigación fue bastante facilitador pues contábamos con un espacio adecuado en los laboratorios, los materiales para experimentar y principalmente que eran estudiantes a los que conocíamos por haber sido alumnos nuestros en asignaturas anteriores. Es ese sentido, no todos los contextos de formación docente serán de este tipo y con la mismas condiciones, por lo que no se pueden garantizar los mismos resultados. Asi mismo, la muestra escogida fue pequeña y a pesar que nuestra progresión de aprendizaje tiene similitudes con las de otros estudios (Neumann et al., 2013), estos resultados nos invitan a investigar en otros contextos.

-La posibilidad de ser diseñadores y docentes fue una gran oportunidad para ejecutar la SEA de acuerdo a nuestros intereses, es decir, tuvimos la oportunidad de utilizar los tiempos de acuerdo a los aspectos que queríamos potenciar, podíamos visualizar más fácilmente los problemas del diseño en la ejecución, existía un clima de confianza con los estudiantes que nos permitía orientar las discusiones y también dirigimos nuestras intervenciones para complementar aspectos del modelo que veíamos deficientes. Pero, también esto trajo otro tipo de dificultades como el priorizar el rol de docente sobre el de investigador, lo que pudo afectar en que en momentos realizara más intervenciones que las necesarias o tener que pensar en qué forma evaluar sumativamente (aunque esto no fuera parte de nuestros intereres).

-Tener la intención de que los estudiantes construyan un modelo tan complejo y abstracto como el energético es un reto para docentes e investigadores en término de la búsqueda de las ideas claves a enseñar, la búsqueda de fenómenos paradigmáticos adecuados al contexto e interés de los estudiantes, así como la extensión adecuada de la SEA. En ese sentido, nos vimos en momentos con problemas de tiempo ante la duración limitada de las

sesiones y la extensión de nuestros diseños, que nos hacen reflexionar en realizar un nuevo análisis de estos para identificar si existen actividades que se puedan acortar o incluso fusionar con otras sin dejar aspectos del MCE de lado.

-Consideramos que tanto las gráficas utilizadas para el análisis de la evolución global de las ideas del modelo de energía de los estudiantes, así como las gráficas utilizadas para el análisis individual del nivel de dominio de las ideas del MCE de energía, son una herramienta metodológica muy eficiente tanto para profesores como para investigadores. Por una parte, las gráficas de esferas nos permitieron tener una panorámica global de la evolución del modelo de energía de los estudiantes, brindándonos información del porcentaje de ellos que se situaba en cada estadio de las ideas del MCE en cada momento, pudiéndose identificar como variaba la tendencia de concentración de estudiantes de un momento a otro. Por otra parte, las dianas de aprendizaje (gráficas radiales) nos permitieron ver la evolución de los estudiantes desagrupada, pudiendo observar el cambio que experimentó cada uno de los estudiantes respecto al nivel de sofisticación de las ideas del MCE de energía y del tipo de modelo que se infiere de sus producciones en un momento inicial y final. Como docentes podemos aprovechar el uso de estas gráficas para identificar falencias en el proceso de aprendizaje global de un curso o en el individual de los estudiantes y buscar estrategias para potenciar los aspectos que presentan dificultades y como investigadores podemos utilizar estas gráficas para el análisis de otras dimensiones en otros contextos de investigación.

-Finalmente, nos queda la interrogante de cuánto es suficiente en términos de la elección de los instrumentos de recolección de datos. Nuestra SEA estuvo compuesta por 4 dossiers con muchas preguntas y de las cuáles la gran mayoría nos parecía interesante de analizar. Y así fue analizamos bastantes preguntas por estudiantes y mientras lo realizábamos, considerábamos que algunas de ellas no eran necesarias y el trabajo fue extenuante. En ese sentido, esta dificultad también es una oportunidad para aprender y conocer estrategias de recolección de datos que sean eficientes a la hora de analizar los modelos de los estudiantes.

CAPÍTULO 6.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945–1969.
- Acher, A. (2014). Cómo facilitar la modelización científica en el aula. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 1(36), 63–75.
- Acher, A., Arcà, M., & Sanmartí, N. (2007). Modeling as a Teaching Learning Process for Understanding Materials: A case Study in Primary Education, *112109*(111), 398–418.
- Adúriz-Bravo, A. (2008). Un modelo de ciencia para el análisis epistemológico de la didáctica de las ciencias naturales. *Perspectivas Educativas*, 1, 13–39.
- Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electronica de Investigacion en Educación en Ciencias*, (Especial), 40–49.
- Aliberas, J., Gutiérrez, R., & Izquierdo, M. (2019). Identifying Changes in a Student's Mental Models and Stimulating Intrinsic Motivation for Learning During a Dialogue Regulated by the Teachback Technique: a Case Study. *Research in Science Education*, 1–29. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9810-z>
- Alomá, E., & Malaver, M. (2007). Análisis De Los Conceptos De Energía, Calor, Trabajo Y El Teorema De Carnot En Textos Universitarios De Termodinámica. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 25(3), 387–400.
- Aragón, M., Oliva-Martínez, J., & Navarrete, A. (2014). Desarrollando la competencia de modelización mediante el uso y aplicación de analogías en torno al cambio químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 337–356.
- Baek, H., Schwarz, C., Chen, J., Hokayem, H., & Zhan, L. (2011). Engaging Elementary Students in Scientific Modeling: The MoDeLS 5th Grade Approach and Findings. En M. Khine & I. Saleh (Eds.), *Dynamic Modeling: Cognitive Tool for Scientific Enquiry*.
- Blanco, A. (2004). Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 1(2), 70–86.
- Blanco, Á., & Garrido, L. (2011). Actividades prácticas en el contexto de las bebidas y competencia científica 1 Activitats pràctiques en el context de les begudes i competència científica. *Educació química*, (9), 13–19.
- Blanco, L., Mellado, V., & Ruiz, C. (1995). Conocimiento didáctico del contenido en ciencias y matemáticas y formación del profesorado. *Revista De Educacion*, 307, 427–446.
- Bolívar, A. (2005). Conocimiento didáctico del contenido y didácticas específicas. *Revista de currículum y formación del profesorado*, 2, 1–39.
- Bonil, J., & Márquez, C. (2011). ¿Qué experiencias manifiestan los futuros maestros sobre las clases de ciencias? Implicaciones para su formación. *Revista de Educación*, 354, 447–472.
- Bunge, M. (1973). *Method, Model and Matter*. Holland: Reidel.
- Bybee, R. (2011). Scientific and Engineering Practices in K-12 Classrooms. *Science Teacher*, 78(9), 34–40.
- Caamaño, A. (2013). Hacer unidades didácticas : una tarea fundamental en la planificación de las clases de ciencias. *Alambique: didáctica de las ciencias Experimentales*, 74, 5–11.
- Carmona, A. G. (2006). Una propuesta de situaciones problemáticas en la enseñanza del principio de conservación de la energía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias.*, 3(3), 496–506.

- Carrascosa, J., Martínez, J., Furió, C. y Guisasola, J. (2008). ¿Qué hacer en la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias.*, 5(2), 118–133.
- Clement, J. J. (2008a). Model Based Learning and Instruction in Science. In J. J. Clement & M. A. Rea-Ramírez (Eds.), *Model Based Learning and Instruction in Science*. The Netherlands: Springer.
- Copello, M. I., & Sanmartí, N. (2001). Fundamentos de un modelo de formación permanente del profesorado de ciencias centrado en la reflexión dialógica sobre las concepciones y las prácticas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 19(2), 269–283. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21741>
- Corcoran, T., Mosher, F. A., & Rogat, A. (2009). *Learning Progressions in Science. An evidence-based Approach to Reform*. CPRE Research Reports. <https://doi.org/10.1007/978-94-6091-824-7>
- Couso, D. (2009). *Science Teachers' Professional Development in Contexts of Educational Innovation*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Couso, D. (2014). “De la moda de ‘aprender indagando’ a la indagación para modelizar: una reflexión crítica”. En *26EDCE. Investigación y transferencia para una educación en ciencias: Un reto emocionante* (pp. 1–28). Huelva (Andalucía), España. Recuperado de <http://www.learner.org/workshops/inquiry/resources/faq.html>
- Couso, D., & Adúriz-Bravo, A. (2016). Elaboración de unidades didácticas competenciales en la formación profesional del profesorado de ciencias. En *Conocimientos y emociones del profesorado* (pp. 265–284).
- Couso, D. y Garrido, A. (2017) Models and modelling in elementary school pre-service teacher education: Why we need both. *Cognitive and Affective Aspects in Science Education Research* (pp. 263-280). Springer International Publishing: Helsinki.
- Couso, D., & Márquez, C. (2016). Què podem ensenyar i aprendre sobre llum? Mapa de progrés per a l'aula. *Guix. Elements d'acció educativa*, 422, 0014-19.
- Crujeiras, B., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2012). Participar en las prácticas científicas. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 72, 12–19.
- Crujeiras, B., & Puig, B. (2014). Trabajar la naturaleza de la ciencia en la formación inicial del profesorado planificando una investigación. *Educació Química EduQ*, 17, 55–61.
- De Almeida Pacca, J. L. y Henrique, K. F. (2004). Dificultades y estrategias para la enseñanza del concepto de energía. *Enseñanza de las ciencias*, 22(1), 159-166.
- DBR Collective. (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5–8.
- De Pro A. (2015) La energía en la vida cotidiana. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales* 80, 5-7.
- Doménech, J. L. (2000). L'ensenyament de l'energia en l'educació secundària. Anàlisi de les dificultats i una proposta de millora. Tesis doctoral. Universitat de València.
- Doménech, J. L. L., Gil-Pérez, D., Grass, A., Guisasola, J., Martínez-Torregrosa, J., Salinas, J., ... Valdés, P. (2003). Debate Para Un Replanteamiento Global. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 20(3), 285–310.
- Doménech, J., Limiñana, R., & Menargues, A. (2013). La superficialidad en la enseñanza del concepto de energía: una causa del limitado aprendizaje alcanzado por los estudiantes de bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 3, 103–119.

- Driver, R., & Warrington, L. (1985). Students' use of the principle of energy conservation in problem situations. *Physics Education*, 20(4), 171-76.
- Duit, R. (1981). Understanding Energy as a Conserved Quantity-Remarks on the Article by R.U. Sexl. *European journal of science education*, 3(3), 291-301.
- Duit, R. (1984). Learning the energy concept in school-empirical results from The Philippines and West Germany. *Physics Education*, 19, 59-66.
- Duschl, R. A., & Grandy, R. (2012). Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science. *Science and Education*, 22, 2109–2139.
- Duschl, R., Maeng, S., & Sezen, A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: A review and analysis. *Studies in Science Education*, 47(2), 123–182.
- Ellse, M. (1988). Transferring not transforming energy. *School Science Review*, 69(248), 427–437.
- Ferrer, D. (2016). *Els recursos educatius sobre l'energia a Catalunya. Anàlisi del grau de competencialitat en l'enfocament CTS (Ciència, Tecnologia i Societat) i del grau de sofisticació de les idees del model d'energia que presenten*. Tesina de màster. Universitat Autònoma de Barcelona.
- García-Carmona, A. y Criado, A. M. (2008). Enfoque CTS en la enseñanza de la energía nuclear: análisis de su tratamiento en textos de física y química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(1), 107-124.
- García-Carmona, A. y Criado, A. M. (2010). La competencia social y ciudadana desde la educación científica: una experiencia en torno al debate de la energía nuclear. *Investigación en la Escuela*, 71, 25-38.
- García-Carmona, A. y Criado, A. M. (2013). Enseñanza de la energía en la etapa 6-12 años: un planteamiento desde el ámbito curricular de las máquinas. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3), 87-102.
- Garrido, A. (2016). *Modelització i models en la formació inicial de mestres de primària des de la perspectiva de la pràctica científica*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Giere, R. N. (1988). *Explaining science: A cognitive approach*. Chicago, London: University of Chicago Press.
- Giere R, N. (1990) *Explaining Science*. University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Giere, R. N. (1991). *Understanding scientific reasoning*. Nueva York: Hole, Rinehart & Winston. (3ª edición).
- Glynn, S. M., & Duit, R. (1996). Mental modelling. In G. Welford, J. Scott, & P. Osborne (Eds.), *Research in Science Education in Europe*. London: The Falmer Press.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1–11.
- Grossman, P. L., Wilson, S. M., & Shulman, L. S. (2005). Profesores de sustancia: el conocimiento de la materia para la enseñanza. *Revista de currículum y formación del profesorado*, 9(2), 1–25.
- Gutierrez, R. (2007). Sistemas de Creencias , Modelos Mentales y Cambio Conceptual. *Boletín de estudios e investigación. Monografía VIII*, 573–586.
- Gutiérrez, R. (2005). Polisemia actual del concepto "Modelo mental". Consecuencias para la investigación didáctica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 209–226.

- Gutiérrez, R. (2014). Lo que los profesores de ciencia conocen y necesitan conocer acerca de los modelos: aproximaciones y alternativas. *Escritos sobre la Biología y su enseñanza*, 37–66.
- Harlen, W. (2010). *Principles and big ideas of science education*. Gosport, Hants, UK.
- Hernández, M. I. (2012). *Desenvolupament iteratiu d'una seqüència d'ensenyament i aprenentatge sobre Propietats Acústiques dels Materials*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Hernández, M. I., Couso, D., & Pintó, R. (2015). Analyzing Students' Learning Progressions Throughout a Teaching Sequence on Acoustic Properties of Materials with a Model-Based Inquiry Approach. *Journal of Science Education and Technology*, 24(2–3), 356–377.
- Herrera, E. (2016). *Indagación y modelización con el diagrama Uve de Gowin en la formación inicial del profesorado de ciencias de Educación Secundaria /*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Izquierdo-aymerich, M., & Adúriz-bravo, A. (2003). Epistemological Foundations of School Science. *Science and Education*, 12, 27–43.
- Izquierdo, M., Espinet, M., García, M. P., Pujol, R. M., & Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de Las Ciencias*, 17(1), 45-59.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N., & Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 45–59.
- Jiménez-Aleixandre, M. (2012). Las prácticas científicas en la investigación y en la clase de ciencias. En *XXV Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 9–14).
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24, 173–184.
- Justi, R., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369–387.
- Jorba, J., & Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua: Propuestas didácticas para las áreas de ciencias de la naturaleza y matemáticas*. Madrid: CIDE-MEC.
- Khan, S. (2007). Model-Based Inquiries in Chemistry. *Science Education*, 91(1), 877–905. <https://doi.org/10.1002/sce>
- Krajcik, J. S., & Merritt, J. (2012). Engaging Students in Scientific Practices: What does constructing and revising models look like in the science classroom? *Science Teacher*, 79(1), 38–41.
- López-Gay, R., Jiménez Liso, M. R., & Martínez-Chico, M. (2015). Enseñanza de un modelo de energía mediante indagación y uso de sensores. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (80), 38–48.
- López, V., Couso, D., & Pintó, R. (2016). Dissipació de l' energia per fregament. Seqüència didàctica per a l'estudi de l'energia. Barcelona: CRECIM.
- López, V., & Pintó, R. (2012). Ensenyar energia a secundària. *Recursos de Física*, (1971), 1–9.

- Lyons, T. (2006). Different countries, same science classes: Students' experiences of school science in their own words. *International Journal of Science Education*, 28(6), 591–613.
- Martínez-Chico, M. (2013). *Formación inicial de maestros para la enseñanza de las ciencias. Diseño, implementación y evaluación de una propuesta de enseñanza*. Universidad de Almería.
- Martínez-Chico, M., López-Gay, R., Lucio-Villegas, R., & Jiménez-Liso, M. R. (2014). ¿Es posible diseñar un programa formativo para enseñar ciencias por Indagación basada en Modelos en la formación inicial de maestros? Fundamentos, exigencias y aplicación. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 153–173.
- Marzàbal, A. (2010). *Anàlisi del llibre de text de química com a discurs didàctic multimodal tesi doctoral*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Marzàbal, A. (2012). Las actividades de los libros de texto de química para la teoría corpuscular y su contribución a la evolución de los modelos explicativos. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 38(1), 181–196.
- Méheut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: Aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515–535.
- Mellado, V. (2003). Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 343–358.
- Méndoza, J., & Abelenda, N. (2010). Didáctica de la energía en la Educación Secundaria. *Innovación educativa*, 37–48.
- Merino, C. (2009). *Aportes a la caracterización del Modelo Cambio Químico Escolar*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Merino, C., & Izquierdo, M. (2011). Aportes a la modelización según el cambio químico. *Didáctica de la química*, 22(3), 212–223.
- Merino, C., Pino, S., Meyer, E., Garrido, J. M., & Gallardo, F. (2015). Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje en química. *Educación química*, 26(2), 94-99.
- Millar, R. (2004). *The role of practical work in the teaching and learning of science. High School Science Laboratories: Role and Vision, National Academy of Sciences, Washington, DC*.
- Millar, R. (2005). *Teaching about energy Teaching about energy Teaching about energy*. University of York, Department of Educational Studies.
- Millar, R., Tiberghien, A., & Le Maréchal, J. (2002). Varieties of Labwork: A way of profiling Labwork Tasks. En *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 9–20). Springer, Dordrecht.
- Ministerio de Educación de Chile. (2005). Marco Curricular para educación media, actualización 2005. Santiago: Mineduc.
- Ministerio de Educación de Chile. (2009). Marco curricular y actualización 2009 I° a IV° medio. Santiago: Mineduc.
- Ministerio de Educación de Chile. (2012). Estándares Orientadores Para Egresados De Carreras De Pedagogía En Educación Media.
- Ministerio de Educación de Chile. (2012). Bases curriculares de la educación básica ciencias naturales. Santiago: Mineduc.
- Ministerio de Educación de Chile. (2013). Bases curriculares de la educación básica ciencias naturales. Santiago: Mineduc.

- Ministerio de Educación de Chile. (2015). Bases Curriculares 7° básico a 2° medio. Santiago: Mineduc.
- Morrison, M. y Morgan, M.S. (1999). Models as mediating instruments. En M.S. Morgan y M. Morrison (Eds.), *Models as mediators*, pp. 10-37. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nersessian, N. J. (2002). The cognitive basis of model-based reasoning in science. In P. Carruthers, S. Stich, & M. Siegal (Eds.), *The cognitive basis of science* (pp. 133–153). Cambridge: Cambridge University Press.
- Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2013). Towards a learning progression of energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(2), 162–188.
- NRC. (2012). *A framework for K-12 Science Education. Practices, Crosscutting Concepts and Core Ideas*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- Ogborn, J. (1986). Energy and Fuel: The Meaning of "The Go of Things". *School Science Review*, 68(242), 30–35.
- Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109–1130.
- Oliva-Martínez, J. M., & Aragón-Méndez, M. del M. (2009). Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), 195–208.
- Oliva, J. (2014). La modelización en Ciencias como estrategia de investigación y de intervención docente. En *Departamento de Didáctica de las Matemáticas, Ciencias Sociales y Ciencias Experimentales. Universidad de Málaga*. (pp. 1–4).
- Oliva, J., & Aragón, M. (2009). Aportaciones de las analogías al desarrollo de pensamiento modelizador de los alumnos en química. *Educación química*, 20(1), 41–54.
- Oliva, J., Aragón, M., y Cuesta, J. (2015). The competence of modelling in learning chemical change: a study with secondary school students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(4), 751-791.
- Osborne, J. (2011). Science Teaching Methods: A Rationale for Practices. *School Science Review*, 93(343), 93-103.
- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177–196.
- Papadouris, N., Constantinou, C. P., & Kyratsi, T. (2008). Students' use of the energy model to account for changes in physical systems. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 45(4), 444-469.
- Pérez, M., Marbá, A., & Izquierdo, M. (2016). ¿Cómo se conceptualiza la energía en las unidades didácticas de biología?. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 34(1), 73-90.
- Pérez-Landazábal, M. C., Favieres, A., Manrique, M. ., & Varela, P. (1995). La energía como núcleo en el diseño curricular de la Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 55–65.
- Pérez-Landazábal, M. del C., & Varela-Nieto, M. P. (2006). Una propuesta para desarrollar en el alumno de secundaria una visión unificada de la física a partir de la energía. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 3(2), 237–250.
- 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*. Universidad Autónoma de Barcelona.

- Pintó, R., Couso, D., & Gutierrez, R. (2005). Using research on teachers' transformations of innovations to inform teacher education. The case of energy degradation. *Science Education*, 89(1), 38–55. <https://doi.org/10.1002/sce.20042>
- Pintó, R., Hernández, M., & Constantinou, C. P. (2014). On the transfer of teaching-learning materials from one educational setting to another. In *Topics and Trends in Current Science Education* (pp. 535-552). Springer, Dordrecht.
- Prieto, T., Blanco, Á., & Brevo, V.-B. (2002). La Progresión En El Aprendizaje De Dominios Específicos: Una Propuesta Para La Investigación. *Enseñanza de las ciencias Revista de investigación y experiencias didácticas*, 20(1), 3–14.
- Salinas, I. (2009). Learning progressions in science education: Two approaches for development. En *Learning Progressions in Science Education Conference* (pp. 1–18).
- Sanmartí, N. (2001). Enseñar a enseñar Ciencias en Secundaria: un reto muy complicado. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, (40), 31–48.
- Sanmartí, N. (2002). Necesidades de Formación del Profesorado en Función de las Finalidades de la Enseñanza de las Ciencias. *Pensamiento Educativo*, 30, 35–60.
- Schwarz, C., & Gwekwerere, Y. (2007). Using a Guided Inquiry and Modeling Instructional Framework (EIMA) to Support Preservice K-8 Science Teaching. *Science Education*, 91(1), 158–186.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. a., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., ... Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654. <https://doi.org/10.1002/tea.20311>
- Shulman, L. S. (1986). Paradigms and research programs in the study of teaching: A contemporary perspective. In M. C. Wittrock (Ed.), *Third handbook of research on teaching*. New York: Macmillan.
- Solbes, J. y Tarín, F. (1998). Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 387-397.
- Solbes, J. y Tarín, F. (2004). La conservación de la energía: un principio de toda la física. Una propuesta y unos resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 185-294.
- Solomon, J. (1982). How Children Learn About Energy or Does the First Law Come First?. *School science review*, 63(224), 415-22.
- Solomon, J., 1985. Teaching the conservation of energy. *Physics Education*, 20, 165-170.
- Soto, 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 esta*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Soto, M., Couso, D., & López, V. (2019). Una propuesta de enseñanza-aprendizaje centrada en el análisis del camino de la energía "paso a paso". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias.*, 16(1), 1–10.
- Soto, M., Couso, D., López, V., & Hernández, M. I. (2017). Promoviendo la apropiación del modelo de energía en estudiantes de 4º de ESO a través del diseño didáctico. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 1(1), 90–106.
- Talanquer, V. (2013). Progresiones de aprendizaje: promesa y potencial. *Educación Química*, 24(4), 362–364.
- Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and Instruction*, 4, 71–87.
- Warren, J. (1982). The nature of energy. *European Journal of Science Education*, 4(3), 295-297.

- Watts, D.M. y Gilbert, J.K. (1983). Concepts, misconceptions and alternative conceptions: changing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, 10(1), 61-98.
- Wilson, S. M., & Berne, J. (1999). Teacher Learning and the Acquisition of Professional Knowledge: An Examination of Research on Contemporary Professional Development. *Review of Research in Education*, 24(1), 173–209.
- Windschitl, M., Thompson, J., & 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. <https://doi.org/10.1002/sce.20259>
- Zabel, J. y Gropengiesser, H. (2011). Learning progress in evolution theory: climbing a ladder or roaming a landscape? *Journal of biological education* 45(3), 143-149.

CAPÍTULO 7.

GLOSARIO

Actividad: aquello en lo que involucran los estudiantes, lo que pasa en el aula (discusión, acción, experimentación, etc.). También utilizamos este término para hacer referencia a secciones del dossier en los que se involucran los estudiantes (por ejemplo, desarrollan la actividad 1 del dossier 1).

Alumnos: en esta Tesis cuando hemos hablado de alumnos o estudiantes en general nos hemos referido a los futuros profesores de física y matemática en formación (ya que son los alumnos analizados). En algunos casos se ha usado el término "alumno" o "estudiante" también para referirse al alumnado en general (de cualquier nivel y contexto).

Dossiers: corresponde al material didáctico físico que iban siguiendo los alumnos semanalmente y en el que escribían sus explicaciones. La SEA estuvo compuesta por 4 dossiers.

Demanda: aquella pregunta o acción requerida en una actividad.

Ciclo de modelización: ciclo compuesto de 6 fases para promover que los estudiantes construyan un modelo. Incluye el objetivo didáctico y la secuencia instruccional.

Estadio del modelo: aquella versión del MCE apropiado que tiene un estudiante en un determinado momento. Los diversos estadios del modelo que se identifican empíricamente y conforman la progresión de aprendizaje empírica.

Estrategia didáctica: aquel comentario, demanda o acción que ejecuta el docente para provocar un cambio del modelo importante en los estudiantes.

Modelo científico: Es una entidad no lingüística abstracta caracterizada a través de una serie de enunciados simbólicos, que se expresan a través de diferentes tipos: leyes, principios, definiciones, ecuaciones, analogías, metáforas, imágenes, maquetas, etc. (Adúriz-Bravo, 2008). Los modelos están cargados de valores, marcando y justificando las propias reglas del juego de una disciplina científica. En este sentido, los modelos conforman una determinada forma de ver el mundo y por lo tanto, son una forma de pensar y actuar en y sobre el mismo (Oliva-Martínez & Aragón-Méndez, 2009). En la literatura también son llamados modelos conceptuales (Glynn & Duit, 1996) o modelos teóricos (Adúriz-Bravo, 2008).

Modelo científico escolar (MCE): corresponde a la transposición didáctica de un modelo científico. Es una versión adecuada (también de naturaleza conceptual o teórico) de un modelo científico, pensada para un cierto nivel de escolaridad y que surge de un consenso de la comunidad educativa de la enseñanza de las ciencias. En nuestro caso, una expresión del MCE es un conjunto de ideas clave que vamos introduciendo de manera progresiva a lo largo de una SEA y que queremos que los estudiantes vayan incorporando o construyendo para poder predecir y explicar fenómenos (Garrido, 2016).

Modelo científico escolar (MCE) deseado: corresponde a la versión del MCE a la que queremos que los estudiantes lleguen a lo largo de la SEA. También corresponde al nivel más alto de la progresión de aprendizaje del MCE.

Modelos de los estudiantes: utilizamos este término para referirnos a los modelos mentales expresados por los estudiantes en alguna explicación, descripción o interpretación de un fenómeno. También están asociados a los estadios que conforman la progresión de aprendizaje del MCE.

Momentos de análisis: corresponde a un conjunto de preguntas de la SEA seleccionadas tomando en cuenta dos criterios: las fases de la modelización y la cronología temporal (cómo aparecen las ideas a lo largo de la secuencia didáctica). Para cada idea del MCE se escogen distintos momentos de análisis y el análisis de cada uno de estos nos brindará información de la evolución de los modelos energéticos de los estudiantes.

Niveles de dominio del MCE de energía: forman parte de los conocimientos del contenido (Shulman, 1986) de los futuros profesores en torno a la energía. Surgen a partir de un análisis del grado de sofisticación y coherencia del MCE de energía en un momento inicial y final de la SEA y del tipo de modelo que se infiere de las producciones de los estudiantes. Respecto al grado de sofisticación del MCE se encuentran grados alto, medio, básico y bajo, mientras que respecto al tipo de modelo se encuentran modelos equilibrados, incompletos y altamente incompletos de energía de los futuros profesores.

Niveles de dominio del MCE declarado: forman parte de los conocimientos didácticos del contenido (Shulman, 1986) de los futuros profesores en torno a la energía. Surgen a partir de un análisis de sus declaraciones del test de salida, donde expresan qué aspectos relacionados con la energía consideran importantes a enseñar en sus próximas clases. En sus declaraciones se encontraron, respecto al grado de sofisticación del MCE declarado

grados alto, medio, básico y bajo, mientras que respecto al tipo de modelo se encuentran modelos equilibrados, incompletos y altamente incompletos de energía de los futuros profesores.

Objetivo didáctico: es lo que queremos conseguir de los estudiantes, en concreto en las prácticas de modelización. Consta de 6 fases y forma parte del ciclo de modelización.

Progresión de aprendizaje empírica: conjunto de diferentes versiones del MCE que pueden tener los alumnos en un momento dado, ordenado en niveles que van del más simple / inadecuado al más sofisticado / adecuado. Han sido construidas empíricamente (a partir de las respuestas de los estudiantes) y por lo tanto son versiones no suficientemente adecuadas del modelo desde el punto de vista científico (excepto el nivel superior que corresponde al MCE apropiado) (Garrido, 2016). A lo largo de esta Tesis nos referimos a esta progresión también como evolución de los modelos de los estudiantes.

Salto de un modelo: corresponde a la acción de explicar los fenómenos utilizando inicialmente un estadio de la progresión de aprendizaje empírica y luego explicar los fenómenos a partir de otro estadio (pasar de un estadio a otro). Pueden existir saltos a ideas del MCE más sofisticadas (ascensos) como a ideas del MCE menos sofisticadas (retrocesos).

Secuencia de enseñanza – aprendizaje (SEA): Materiales didácticos diseñados y secuenciados de una manera determinada, en nuestro caso para que los estudiantes construyeran un MCE de energía deseado.

Secuencia instruccional: corresponde a las acciones que tenemos que hacer en el aula para conseguir el objetivo didáctico. Consta de 6 fases y forma parte del ciclo de modelización.

Subideas del MCE: corresponde a las partes o dimensiones que derivan (o pertenecen) al MCE. Estas subideas puede servir para analizar ideas del MCE desde distintos aspectos y complementarlas. Por ejemplo, la idea de naturaleza de la energía tiene las subideas de valor absoluto de la energía y aprovechamiento energético. Y la idea de transferencia de la energía tiene asociadas las subideas trabajo a nivel microscópico y macroscópico, calor a nivel microscópico y macroscópico y la idea de equivalencia de mecanismos.

CAPÍTULO 8.

ANEXOS

8.1. Anexo 1: Dossier N°1

ACTIVIDAD N°1

1. Sentir la necesidad de un modelo

INTRODUCCIÓN

Históricamente, las plantas hidroeléctricas han sido la mayor fuente de generación de electricidad en Chile.



Imagen: Hidroeléctrica Colbún, Chile

Discute las siguientes preguntas con tus compañeros...

1.- ¿Qué características del agua se aprovechan para la generación de electricidad en este tipo de centrales?, ¿afectará a las características que señalaste que una hidroeléctrica esté ubicada en una zona calurosa o más fría de Chile?

2. Expresar el modelo y utilizarlo

DESDE NUESTRA PROPIA EXPERIENCIA...

El agua es un recurso energético que puede ser utilizado para múltiples fines, uno de ellos es su uso para mover turbinas y generar electricidad, tal como lo hacen las centrales hidroeléctricas.





Pero antes de pensar en los usos o aprovechamientos que le podemos dar a este recurso, pensemos en las diferencias que pueden existir en los estados del agua (¿cómo está?, ¿qué características tiene?, ¿dónde está?, etc.) y la cantidad de energía que le podemos asociar a cada uno.

Observa las siguientes imágenes





2.- Completa en **forma personal** la siguiente tabla tratando de describir cuál es el estado del agua (qué características tiene, dónde está?, etc.) e identificando que estado es más energético (Ordénalos del más energético “1” al menos energético “4”).




Estado del agua	2.1.- Del agua, en las diferentes situaciones ¿Cuál crees que tiene más energía? Ordénalas ¿Por qué has escogido ese orden?	2.2.- ¿En qué variables piensas para describir el estado del agua en cada imagen? ¿Cuáles de estas variables las relacionas con la energía?	2.3.- ¿Crees que se puede calcular la energía asociada a cada estado del agua? ¿Con qué expresiones crees que puedes calcular la energía?
 Imagen 1	<p>_____</p>		
 Imagen 2	<p>_____</p>		
 Imagen 3	<p>_____</p>		
 Imagen 4	<p>_____</p>		


3.-Evaluar el modelo

Acabas de hacer una predicción, de los diferentes estados del agua, con respecto a cuál es éstos tiene asociada más energía y qué variables de su estado se relacionan con ella. Además mencionaste con qué expresiones podríamos determinar la energía en cada caso.

Vamos a poner a prueba estas ideas con la siguiente actividad.

3.- Conociendo algunas variables del estado del sistema en cada imagen, por ejemplo su velocidad, temperatura o altura; nuevamente ordénalas respecto a cuál de ellas es más o menos energética. Calcula la energía en cada caso.

<p>Imagen 1</p> 	<p>Masa agua: 1 [kg] T° agua: 9°C T° ambiente: 25°C Masa recipiente: 200 [g] (vidrio) Ce vidrio: 0,2 [cal/g°C]</p> <p>¿Te interesa conocer otros datos?, ¿Cuáles?</p>	<p>Cálculo</p>
<p>Imagen 2</p> 	<p>Masa agua: 1 [kg] Altura: 2 [m] T° agua: 9°C T° ambiente: 25°C Ce vidrio: 0,2 [cal/g°C]</p> <p>¿ Te interesa conocer otros datos?, ¿Cuáles?</p>	<p>Cálculo</p>
<p>Imagen 3</p> 	<p>Masa agua: 1 [kg] T° agua: 100°C Masa recipiente: 200 [g] (aluminio) Ce aluminio: 0,220 [cal/g°C]</p> <p>¿ Te interesa conocer otros datos?, ¿Cuáles?</p>	<p>Cálculo</p>

<p>Imagen 4</p> 	<p>Masa agua: 1 [kg] T° agua: 9°C T° ambiente: 25°C Masa recipiente: 200 [g] (vidrio) Masa azúcar: 20 [g] Energía azúcar por 20 gramos: 77 calorías</p>	<p>Cálculo</p>
	<p>¿ Te interesa conocer otros datos?, ¿Cuáles?</p>	

3.1.- OBSERVACIÓN (personal) ¿Has tenido problemas o dudas con los cálculos?, ¿Cuáles?	3.2.- INTERPRETACIÓN (personal) ¿Ese cálculo que has realizado que representa en términos de energía?	3.3.- EXPLICACIÓN (personal) ¿Es posible determinar el valor de la energía asociada al agua en un momento determinado? ¿Por qué?

4.-Revisar el modelo

DISCUTE CON TUS COMPAÑEROS Y REVISAS TUS EXPLICACIONES

En los cálculos que has hecho anteriormente ¿has considerado estos aspectos?

- * El movimiento de las moléculas del agua
- * La altura a la que se encuentran los cuerpos
- * La cinética del movimiento terrestre
- * La interacción del agua con el entorno y otros sistemas

¿si los consideras puedes calcular la energía del sistema?
 ¿te sirve para algo conocer ese valor?

En el apartado anterior y a partir de lo que hemos calculado cada uno ha escrito su explicación en sus palabras. A continuación **pon en común** estas explicaciones, con tu grupo de trabajo y en base a ésta puedes mejorar o volver a explicar el fenómeno.

Anota a continuación cuál sería esta explicación o corrige aspectos de tu respuesta dada en la pregunta N°3

3.4.- EXPLICACIÓN (personal) ¿Qué relación existe entre el estado de un sistema y la energía que asocias a él?	3.5.- EXPLICACIÓN (personal) ¿Es posible determinar el valor absoluto de la energía de un sistema?, ¿Por qué?

5.-Consensuar un modelo

Ahora realicemos una puesta en común de nuestras ideas discutidas en pequeños grupos, con el curso para intentar construir una explicación consensuada del fenómeno que hemos analizado.

Puedes anotar en este espacio, los comentarios que surjan de la puesta en común...

3.6.- ¿A qué conclusión puedes llegar? Detalla, las ideas que has aprendido o fortalecido con la actividad N°1

Con respecto a qué asociamos la energía

Con respecto al valor de la energía....

Ideas del modelo que se potencian en la actividad N°1

1.- La energía está asociada a la configuración de un sistema, a su estado, es decir, cómo está, dónde están, etc. Cuando varía el estado de un sistema, varía la energía que le asociamos.

2.- No podemos medir el valor absoluto de la energía. Solo podemos medir las variaciones de energía a partir de los cambios que experimenta un sistema.




ACTIVIDAD PARA CASA: Ahora que ya sabes que la energía se asocia al estado/configuración de un sistema y que no es posible determinar la energía absoluta de éste, revisa como lo explicabas al inicio (pregunta 2) e identifica qué cambiarías de tu explicación inicial.

ACTIVIDAD N°2

2. Expresar el modelo y utilizarlo

A partir de las imágenes presentadas en la actividad 1, has identificado ciertas variables asociadas al estado del agua. Ahora imagina, que puedes utilizar estos diferentes estados para obtener algún aprovechamiento, por ejemplo, la generación de electricidad, tal como lo hacen las centrales hidroeléctricas.

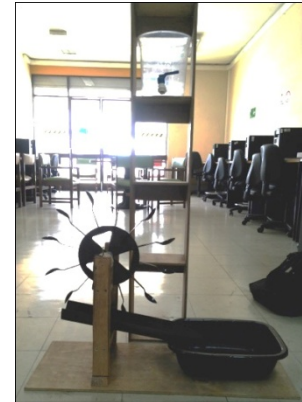
4.- Completa en **forma personal** la siguiente tabla tratando de describir cuál de estos estados o configuraciones consideras que podría ser más aprovechable para el funcionamiento de una central hidroeléctrica.

Estado del sistema	4.1 ¿Qué estado crees que puede ser más aprovechable para generar electricidad? Enuméralos del más energético (1) al menos energético (6)		4.2 ¿Por qué escogiste este orden?	4.3 ¿Qué es lo que aprovechamos del agua para generar electricidad? ¿Por qué?
	Cayendo desde H	Cayendo desde 2H		
				
				
				

3.-Evaluar el modelo

Anteriormente, has propuesto un orden de qué estado del agua crees que es más aprovechable para generar electricidad, ahora vamos a evaluar si nuestras ideas son adecuadas...

Para poner a prueba tus ideas, dispones de un montaje experimental que te permite simular el funcionamiento de una central hidroeléctrica. Básicamente está compuesto por un embalse al que puedes introducir agua (en diferentes estados) y modificar la altura de éste. La idea es mover una turbina y encender una luz led.



5.- Completa la siguiente tabla mencionando en primera instancia lo que crees que sucederá y luego con las observaciones del fenómeno que ha realizado tu grupo de trabajo.

	PREDICCIÓN (individual) ¿Con qué intensidad se encenderá la luz led? ¿Por qué?		OBSERVACIÓN (grupál) ¿Qué pasa realmente? ¿De qué estado podemos aprovechar más la energía? (Anota cuánto voltaje se generó en cada caso)	
	H	2H	H	2H
Agua a T° ambiente				
Agua a elevada T°				
Coca cola o agua con azúcar				

5.1.- EXPLICACIÓN (personal) Después de realizar esta experiencia... ¿Qué es lo que aprovechamos del agua para generar energía?	5.2.- EXPLICACIÓN (personal) ¿De qué depende que aprovechemos más o menos la energía? ¿Por qué?

4.-Revisar el modelo

DISCUTE CON TUS COMPAÑEROS Y REVISAS TUS EXPLICACIONES

Las centrales termoeléctricas también tienen como finalidad la generación de electricidad. Su funcionamiento consiste, básicamente, en elevar la T° del agua contenida en una caldera, hasta la ebullición. De este modo, el vapor que se genera por el cambio de estado del agua se desplaza por una tubería moviendo a una turbina conectada a un alternador. En éste se genera un voltaje, que nos permite utilizar los aparatos electrónicos en nuestros hogares.

En esta situación ¿el aprovechamiento que se le da al agua es el mismo que antes?, ¿de qué depende este aprovechamiento?

En el apartado anterior y a partir de los resultados experimentales y de lo que sabes sobre los conceptos implicados (energía, energía asociada al estado de un sistema, temperatura...) cada uno ha escrito su explicación en sus palabras. A continuación vamos a poner en común estas explicaciones con tus compañeros de grupo.

Anota a continuación cuál sería esta explicación o corrige aspectos de tu explicación dada en la pregunta 4.

5.3.- EXPLICACIÓN (personal) ¿De qué depende la cantidad de energía que asociamos a un sistema?	5.4.- EXPLICACIÓN (personal) ¿De qué depende el aprovechamiento que podamos obtener de un sistema, ¿Por qué?

5.-Consensuar un modelo

Ahora realicemos una puesta en común de nuestras ideas discutidas, en pequeños grupos, con el curso para intentar construir una explicación consensuada del fenómeno que hemos analizado.

Puedes anotar en este espacio, los comentarios que surjan de la puesta en común...

5.5- ¿A qué conclusión puedes llegar? Detalla las ideas que has aprendido o fortalecido con la actividad N°2

Con respecto a la relación entre un mecanismo y los aprovechamientos que podemos obtener de éste...

Ideas del modelo que se potencian en la actividad N°2

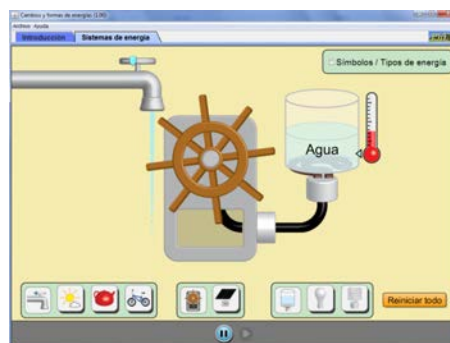
1.1.- Existen configuraciones más aprovechables que otras para realizar los diferentes cambios, no todas las configuraciones de un sistema permiten realizar un cambio con un mismo mecanismo.

3.-Solo existen dos tipos de energía: la cinética y la potencial. Podríamos mencionar una tercera, que resulta ser la combinación de ambas: interna. Todo el resto de las energías derivan en estas dos.

ACTIVIDAD PARA CASA: Ahora que ya dominas la idea de energía asociada a configuración de un sistema y cómo podemos aprovechar los diferentes estados, según el mecanismo, observa la siguiente simulación:

<https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/energy-forms-and-changes>

Explica cómo se aprovecha la energía con cada mecanismo y diseña un montaje que te permita aprovechar otra propiedad del agua.



ACTIVIDAD N°3

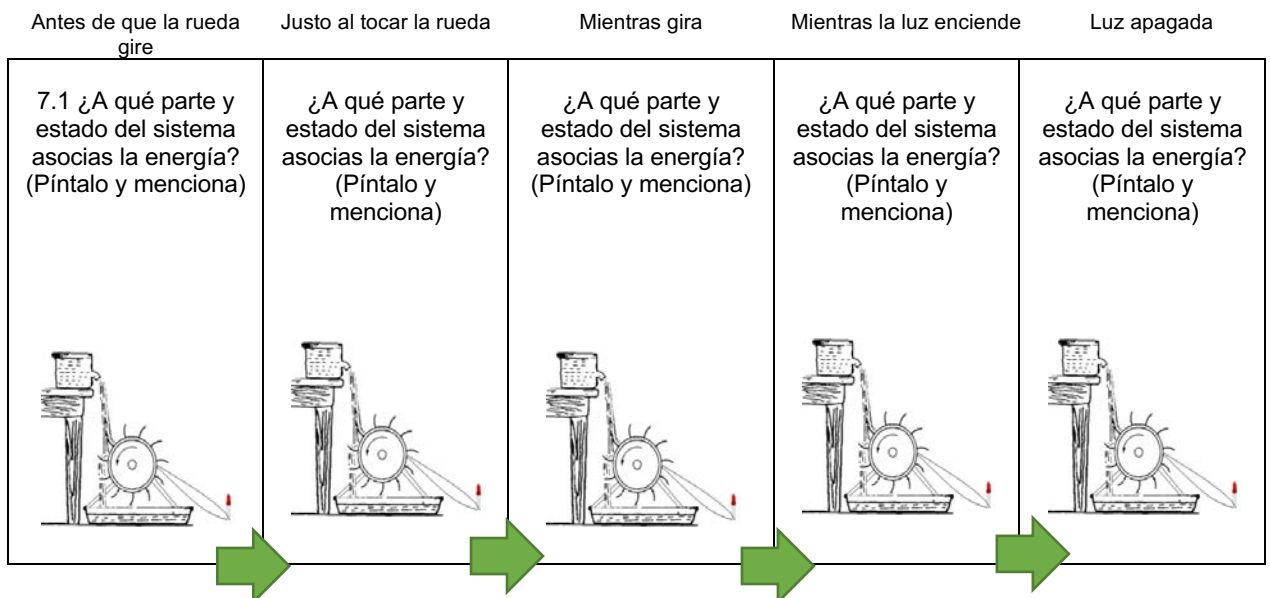
2. Expresar el modelo y utilizarlo

A partir de las actividades anteriores, poco a poco has ido comprendiendo algunas ideas claves en torno a la energía. Observaste experimentalmente cómo funciona una central hidroeléctrica, analizaste cómo pueden influir los distintos estados del sistema en el funcionamiento de un determinado mecanismo e incorporaste la idea de aprovechamiento.

Ahora pensemos: ¿qué pasa con la energía durante el proceso de funcionamiento de la central?, ¿a dónde va?

6.- Intenta describir cuál es el camino que sigue la energía a lo largo del proceso, ¿a qué variables asocias la energía en cada momento?

7.- Completa el siguiente esquema para complementar tu respuesta anterior e identificar elementos del camino de la energía



8.2. Anexo 2: Dossier N°2

ACTIVIDAD N°1

1. Sentir la necesidad de un modelo

INTRODUCCIÓN

Observa las siguientes imágenes y discute la pregunta con tus compañeros, luego pongan en común sus conclusiones con el curso.



1.- ¿Qué tienen en común las siguientes imágenes? ¿Con qué conceptos o ideas científicas las relacionas?, ¿Crees que puedes explicar científicamente cómo llegaron al estado en el que se encuentran y cómo quedarán al cabo de un tiempo?

2. Expresar el modelo y utilizarlo

DESDE NUESTRA PROPIA EXPERIENCIA...

Cansado de esperar que el microondas de la universidad esté desocupado, para calentar su comida, Jordi decidió comprar aquellos bolsos térmicos que promocionan en televisión y dicen mantener la temperatura de los alimentos en su interior, gracias al material con el que están hechos. Para inaugurarlos Jordi cocinó una carbonada y la guardó caliente en un tupper, dentro del bolso, junto con un yogurt y una botella de agua fría. A la hora de almuerzo se dio cuenta que su carbonada estaba tibia y su yogurt y el agua se habían calentado.



2.- Completa en forma personal la siguiente tabla tratando de dar una explicación completa al fenómeno que ocurre en la situación recién descrita.

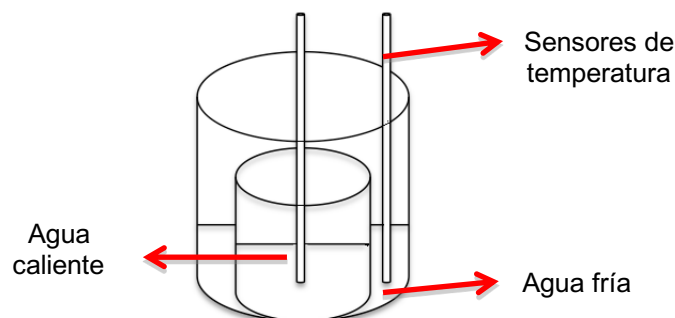
2.1.-¿Cómo está el sistema al inicio? ¿Qué variables asocias ese estado inicial?	2.2.-¿Qué se ha necesitado para que llegue a ese estado inicial?	2.3.-Explica en tus palabras cómo crees que se ha pasado del estado inicial al final

3.-Evaluar el modelo

Muy probablemente has vivido una experiencia como la de Jordi, pero ahora intentemos profundizar en que es lo que está sucediendo y qué variables afectan a lo que está sucediendo. Para esto, cada grupo simulará distintos montajes experimentales, con la intención de analizar diferentes variables y luego compartir estas observaciones con el resto del curso y poder dar una explicación al fenómeno que ocurre en el bolso de Jordi.

GRUPO 1:

Utiliza diferentes recipientes y observa qué sucede en los sistemas. Usa los sensores de temperatura y el software data studio para registrar tus mediciones.

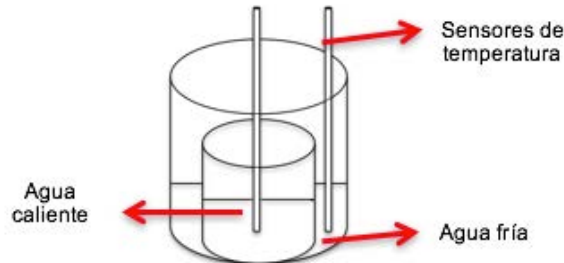


Antes de experimentar, imagina las siguientes combinaciones:

Recipientes
<ul style="list-style-type: none"> • Vidrio y metal • Vidrio y vidrio • Plumavit y metal
(misma cantidad de agua pero una a unos 10° y la otra a unos 90°)

GRUPO 2:

Utiliza diferentes cantidades de agua en cada recipiente y observa qué sucede en los sistemas. Usa los sensores de temperatura y el software data studio para registrar tus mediciones.

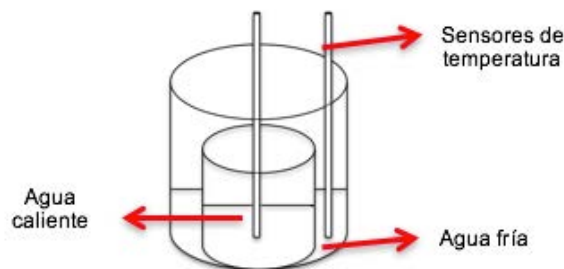


Antes de experimentar, imagina las siguientes combinaciones:

Masas de agua
<ul style="list-style-type: none"> • Mismas masas • El doble de agua caliente • El triple de agua caliente. <p>(usando recipientes del mismo material y agua a unos 10° y la otra a unos 90°)</p>

GRUPO 3:

Utiliza diferentes temperaturas de agua en cada recipiente y observa qué sucede en los sistemas. Usa los sensores de temperatura y el software data studio para registrar tus mediciones.



Antes de experimentar, imagina las siguientes combinaciones:

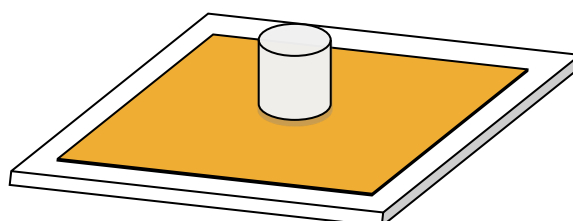
Temperaturas del agua
<ul style="list-style-type: none"> • Agua a unos 10° y la otra a unos 90° • Una al doble de la otra • Pequeña diferencia entre ellas (de unos 10°C). <p>(usando recipientes del mismo material y la misma cantidad de agua en ellos)</p>

GRUPO 4:

Luego del fenómeno que le ha ocurrido a Jordi, él continuó guardando su comida en el bolso, sin embargo, en los últimos días ha comprobado, que en su bolsa térmica la botella de agua no se calienta igual si está debajo del tupper que si está al lado. De hecho, cuando quiere descongelar la botella la pone abajo ¿Cómo puede ser?



Analicemos la situación recién descrita con el siguiente montaje experimental. Imagina que ponemos un vaso metálico con agua muy caliente sobre una lámina de cobre situada sobre una plancha de plumavit, tal como se muestra en la siguiente imagen.



Para ver cómo afecta la superficie de contacto, podemos poner un vaso ancho o uno más estrecho. Puedes medir la temperatura en distintas zonas de la placa de cobre con termistores situados en diferentes puntos.

OBSERVACIÓN

1.- Luego de experimentar, todos los grupos deben dejar los sensores de temperatura encendidos y graficando, para utilizar esta experiencia en la actividad N°2.

Todos los grupos

3.- Completa la siguiente tabla mencionando en primera instancia lo que crees que sucederá en cada actividad y luego con las observaciones del grupo que lo haya investigado y tus explicaciones del fenómeno.

	PREDICCIÓN (individual) 3.1 ¿Qué le pasa al cuerpo más caliente y al más frío en relación con la T°? ¿Por qué?	OBSERVACIÓN (grupal) 3.2 ¿Qué pasa realmente? ¿Variaron las temperaturas como pensabas?
Al modificar los materiales de los recipientes		

Al modificar las masas de agua		
Al modificar notoriamente las temperaturas		
Al modificar de un vaso ancho a un vaso estrecho		

¿Cómo explicas lo que pasa?

3.3 EXPLICACIÓN (individual) ¿Qué relación tienen los cambios de temperatura con la energía?

	3.4 EXPLICACIÓN (individual) ¿Cómo han afectado las modificaciones cada una de éstas a esta transferencia de energía?
Al modificar los materiales de los recipientes	
Al modificar las masas de agua	
Al modificar notoriamente las temperaturas	
Al modificar de un vaso ancho a un vaso estrecho	

ACTIVIDAD N°2

2. Expresar el modelo y utilizarlo

DESDE NUESTRA PROPIA EXPERIENCIA...

Un día Jordi sacó su tupper del bolso para almorzar, pero llegó uno de sus amigos y comenzaron a hablar. cuando quiso comer su comida ya estaba fría.

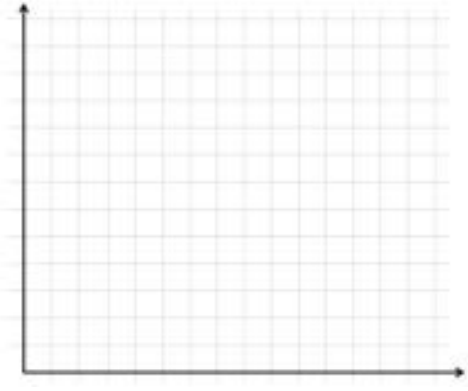
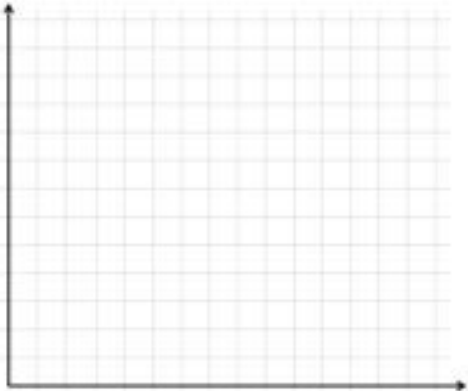
4.- Explica qué crees que ha pasado con la temperatura del tupper transcurrido un cierto tiempo, relaciona tu explicación con el concepto de energía.

3.-Evaluar el modelo

Muy probablemente has vivido una experiencia de este tipo, como por ejemplo, cuando nos hemos servido un café y nos olvidamos beberlo....

En actividad anterior, cada uno de ustedes ha dejado su montaje experimental funcionando, con la intención de poder analizar que está sucediendo en el sistema. Los sensores de temperaturas, en este tiempo, han estado actuando para darnos a conocer cómo ha variado la temperatura en función del tiempo, en el sistema.

5.-¿Cuál crees que será la forma de las curvas? Explica tu respuesta y dibuja en los siguientes ejes la forma que crees que tendrán las gráficas temperatura- tiempo, tanto del agua caliente como fría. Luego compara con tus observaciones del fenómeno.

<p>5.1 PREDICCIÓN (individual) ¿Qué esperas que pase?</p>	<p>5.2 OBSERVACIÓN (grupal) ¿Qué pasa realmente?</p>
	
<p>¿Por qué crees que tendrá ese comportamiento? (en términos de energía)</p>	<p>¿Por qué tiene ese comportamiento? (en términos de energía)</p>

5.3 EXPLICACIÓN (individual)
 ¿Hasta cuándo se transfiere la energía en las distintas partes del sistema?
 ¿Por qué?

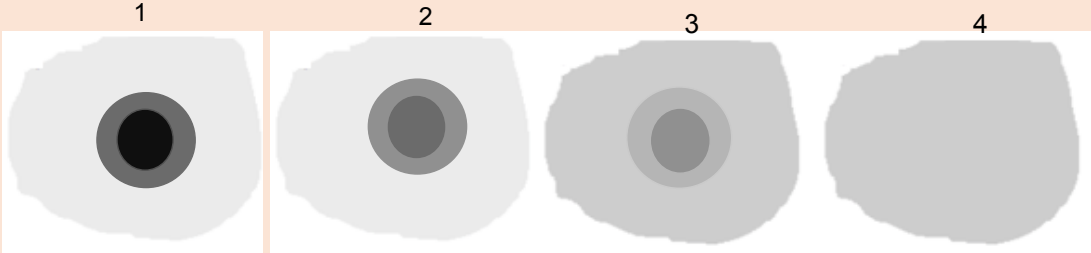
4.-Revisar el modelo (actividad 1 y 2)

DISCUTE CON TUS COMPAÑEROS Y REVISAS TUS EXPLICACIONES

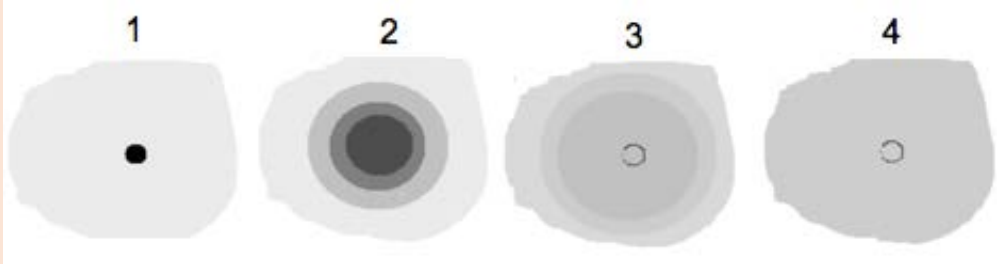
Imagina que se ha puesto una cámara con sensor infrarrojo, sobre los vasos con agua y la placa de cobre, con los que ustedes han experimentado.

Las fotografías captadas nos dan a conocer la temperatura del sistema, a lo largo del proceso, en función de la tonalidad (más oscuro significa más temperatura).

En el caso de los vasos:



En el caso del vaso sobre la placa de cobre:



¿Por qué una zona tiene una tonalidad más oscura y luego esa tonalidad se va aclarando, como también zonas que eran más claras, luego se vuelven más oscuras?

¿Cómo relacionas estos cambios con la energía?

Discute con tus compañeros y luego vuelve a leer tus respuestas dadas anteriormente.

En las dos actividades anteriores y a partir de los resultados experimentales, de seguro has mencionado algunos conceptos como energía, calor, temperatura...para dar tus explicaciones. A continuación vamos a revisar las explicaciones que has dado en la actividad 1 y 2. Anota a continuación cuál sería esta explicación o menciona qué aspectos modificarías de sus explicaciones anteriores.

5.4 EXPLICACIÓN (individual) ¿Qué relación tienen los cambios de temperatura con la energía?	

5.5 EXPLICACIÓN (individual) ¿Cómo han afectado las modificaciones cada una de éstas a esta transferencia de energía?	
Al modificar los materiales de los recipientes	
Al modificar las masas de agua	
Al modificar notoriamente las temperaturas	
Al modificar de un vaso ancho a un vaso estrecho	

ACTIVIDAD N°3

¿y qué imaginamos que sucede microscópicamente?

2. Expresar el modelo y utilizarlo (individual)

En la actividad anterior analizaste macroscópicamente las transferencias de energía a través de calor, entre cuerpos que se encuentran a diferentes temperaturas, ahora intentemos imaginar este proceso pero a nivel microscópico....

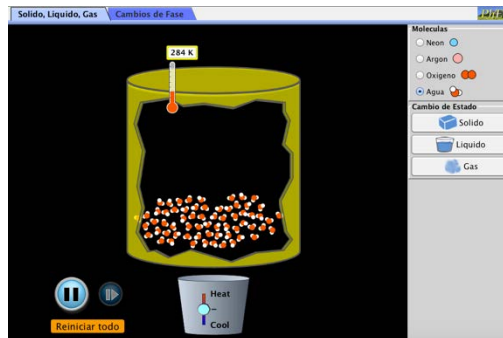
7.-Volviendo a los experimentos que recién realizaste, piensa en el vaso con agua caliente que utilizaste, en el proceso que ocurrió para que llegara a ese estado y en el proceso que ocurrirá al cabo de un tiempo. **Dibuja y explica cómo te imaginas el comportamiento de las partículas** de agua y de las partículas de los materiales que forman los otros sistemas que están en interacción con ella, en esas tres fases.

¿Cómo crees que están las partículas del sistema? (agua, aire, vidrio) al inicio (antes de hacer nada)?	¿Cómo crees que estarán las partículas del sistema (agua, aire, vidrio), en medio (después de calentarlo)?	¿Cómo crees que están las partículas del sistema (agua, aire, vidrio) al final (después de calentarlo y estar en contacto)?
(vaso con agua a T° ambiente)	(vaso con agua caliente)	(vaso con agua a T° ambiente)
¿Cómo crees que se ha transferido la energía para que quedara en ese estado medio? (a nivel micro)	¿Cómo crees que se ha transferido la energía para que quedara en ese estado final? (a nivel micro)	
(Supongamos que calentamos el agua con un mechero Bunsen)	(Supongamos que dejamos el vaso en la mesa de laboratorio)	

3.-Evaluar el modelo

Cómo no es posible observar el movimiento de las partículas con un experimento, te invitamos a explorar y analizar cómo lo modelizamos los científicos, a través de la siguiente simulación del proceso de calentamiento y enfriamiento del agua.

Discute con tus compañeros que sucede al agua en estado líquido cuando se calienta y qué sucede cuando ya caliente se deja de calentar.



<https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/states-of-matter-basics>

8.- Completa individualmente la siguiente tabla con tus observaciones y explicaciones del fenómeno.

¿Cómo crees que están las partículas del sistema (agua) al inicio?	¿Cómo crees que están las partículas del sistema, en medio (después de calentarlo)? (agua)	¿Cómo crees que están las partículas del sistema (agua) al final?
<p style="text-align: center;">Agua líquida a T° ambiente</p>	<p style="text-align: center;">Agua líquida caliente</p>	<p style="text-align: center;">Agua líquida a T° ambiente</p>

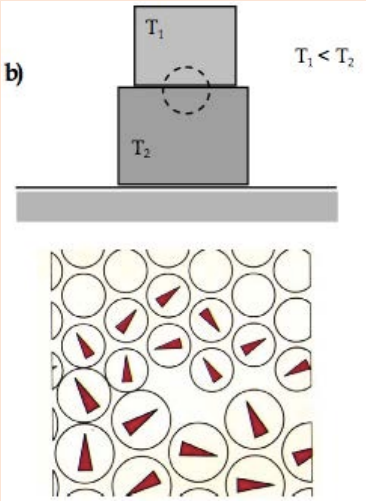
¿Cómo se ha transferido la energía para que quedara en ese estado medio? (según la simulación) Individual	¿Cómo se ha transferido la energía para que quedara en ese estado final? (según la simulación) Individual

4.-Revisar el modelo

DISCUTE CON TUS COMPAÑEROS Y REVISAS TUS EXPLICACIONES

En la sesión anterior, hemos hablado de tipos de energía, llegando a la conclusión de que sólo podemos hablar en términos de energías cinética y potencial. La energía cinética la asociamos a la velocidad de un cuerpo o de un sistema, mientras que la potencial la asociamos a su configuración.

Pero si analizamos los fenómenos desde una mirada microscópica, como lo hemos estado haciendo, podemos darnos cuenta de que ambos tipos de energía están presentes en el sistema... por ejemplo cuando pensamos que las partículas que constituyen cualquier material están enlazadas entre ellas o cuando pensamos que éstas vibran constantemente, tal como se intenta representar en la siguiente imagen:



En tal caso, podríamos hablar de una energía interna asociada al sistema...

En base a estas ideas... analiza la imagen:

¿Qué crees que representan las flechas más grandes y las más pequeñas?

¿Qué pasa con las partículas, cómo se mueven?

¿Qué sucede con la energía interna de un sistema al existir una transferencia de energía a través de calor?, ¿por qué?

Discute con tus compañeros y luego vuelve a leer tus respuestas dadas anteriormente.

En el apartado anterior y a partir de lo que hemos observado en la simulación, cada uno ha escrito su explicación en sus palabras. A continuación **vamos a poner en común** estas explicaciones y construir una explicación consensuada del fenómeno. Anota a continuación cuál sería esta explicación o menciona qué aspectos modificarías de sus explicaciones anteriores. (8.1)

¿Cómo crees que están las partículas del sistema? (agua, aire, vidrio) al inicio?	¿Cómo crees que estarán las partículas del sistema, en medio (después de calentarlo)? (agua, aire, vidrio)	¿Cómo crees que están las partículas del sistema? (agua, aire, vidrio) al final?
(vaso con agua a T° ambiente)	(vaso con agua caliente)	(vaso con agua a T° ambiente)
¿De qué forma se transfiere la energía cuando se calienta el agua? (a nivel micro)		¿De qué forma se transfiere la energía cuando se enfría el agua? (a nivel micro)
(Supongamos que calentamos el agua con un mechero Bunsen)		(Supongamos que dejamos el vaso en la mesa de laboratorio)

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.

9.- ¿A qué conclusión puedes llegar? Detalla, con tus compañeros de grupo, las ideas que han aprendido o fortalecido con la actividad N°3

Con respecto al movimiento de las partículas cuando un cuerpo o partes de un sistema se calientan....

ACTIVIDAD PARA CASA: Ahora que ya dominas cómo se realiza una transferencia de energía en forma de calor a nivel micro, revisa / vuelve a leer como lo explicabas al inicio (pregunta 7) y di que cambiarías de tu explicación inicial.

6.-Utilizar el modelo para explicar un nuevo fenómeno (Tarea)

10.- Explica el fenómeno que ocurre en la bolsa térmica de Jordi integrando en tu respuesta todas las ideas del modelo que hemos aprendido (configuración de los sistemas, valor de la energía, tipos de energía, concepto de calor, etc.) e incluyendo aspectos macroscópicos y microscópicos en torno a la transferencia de energía a través de calor.

Así como observaste y analizaste las transferencias de energía en los experimentos realizados, éstas también ocurren en la naturaleza y para hacer que estas transferencias de energía a través de calor sean más rápidas o más lentas con el entorno los animales manifiestan mecanismos de adaptación en sus anatomías por ejemplo:

<p>Los conejos de zonas calurosas tienen orejas más largas que los conejos de zonas más frías.</p> 	<p>Hay animales que tienen cubierto su cuerpo con lana o pelo como las ovejas, las alpacas, etc., incluso nosotros usamos chalecos de lana en invierno.</p> 	<p>Las aves cubren su cuerpo de plumas e incluso nosotros utilizamos parkas de pluma en invierno o cobertores en nuestras camas, también rellenos de pluma.</p> 
--	--	---

11.- ¿Por qué crees que hay animales que tienen las orejas más grandes que otros? Explica involucrando tus nociones en torno a la energía a nivel macroscópico y microscópico.

12.- ¿Para qué crees que les sirven las plumas a los pájaros y la lana a las ovejas? y en nuestro caso ¿por qué usamos parkas de plumas o chalecos de lana?

8.3. Anexo 3: Dossier N°3

ACTIVIDAD N°1

1. Sentir la necesidad de un modelo

INTRODUCCIÓN

Observa las siguientes imágenes y discute la pregunta con tus compañeros, luego pongan en común sus conclusiones con el curso.



1.- ¿Qué tienen en común las siguientes imágenes? ¿Con qué conceptos o ideas científicas las relacionas? ¿Crees que puedes explicar científicamente cómo llegaron al estado en el que se encuentran y qué magnitudes físicas están asociadas en las diferentes interacciones?

2. Expresar el modelo y utilizarlo

DESDE NUESTRA PROPIA EXPERIENCIA...

En la vida cotidiana vemos a menudo colisiones, algunas que pueden ser aprovechadas, como por ejemplo para provocar el movimiento de una pelota cuando el futbolista la golpea con su pie o el tenista con su raqueta, mientras que en otros casos las colisiones están asociadas a accidentes, que dejan como consecuencias daños y pérdidas tanto humanas como materiales. En base al análisis de las magnitudes físicas asociadas a estas interacciones, la policía puede elaborar sus informes e identificar factores de riesgo, así como también los deportistas pueden generar mejores estrategias para ganar las competencias.



2.-Completa en forma personal la siguiente tabla tratando de dar una explicación completa al fenómeno que ocurre en las situaciones descritas.

	2.1.-¿Qué cambios se asocian al estado del sistema?	2.2.-¿Qué variables son las más importantes y se relacionan con esos cambios en el estado del sistema?	2.3.-¿Cómo explicarías la relación de estos cambios y las variables asociadas a ellos energéticamente? ¿Qué ha pasado con la energía?
Colisión de automóviles			
Colisión de la raqueta del tenista con la pelota			

3.-Evaluar el modelo

En las explicaciones anteriores de una u otra forma todos han hablado de conceptos como fuerzas, movimiento, velocidad, energía, desplazamientos, deformaciones... Ahora si centramos la mirada en las causas de los cambios, por ejemplo porqué sale disparada la pelota de tenis, ya habrás observado que existen desplazamientos/deformaciones causados por la acción de fuerzas y cambios de velocidad asociados con energía cinética.

No sabemos, sin embargo, qué relación existe entre éstos fenómenos y la energía.

Para trabajar estas ideas, dispones de un riel y dos carros para simular choques y ftopuertas que te permiten medir tiempos y velocidades iniciales y finales.



- a) Intenta simular un choque en el que los carros reboten
- b) Intenta simular un choque en el que los carros queden unidos (pega plasticinas en ambos carros)

(prueba dejando uno de los carros quietos y luego con ambos carros en movimiento)

4.- Completa la siguiente tabla mencionando en primera instancia lo que crees que sucederá y luego con las observaciones e interpretaciones del fenómeno.

	4.1.- PREDICCIÓN (individual) ¿Cómo están los coches al inicio y luego del choque? ¿Qué esperas que pase en términos de velocidad y energía? ¿Por qué?	4.2.- OBSERVACIÓN (grupal) ¿Qué pasa con la energía cinética del sistema antes y después del choque? ¿Qué generaron las fuerzas? (Registra tus datos y cálculos)	4.3.- INTREPRETACIÓN (individual) ¿Cómo interpretas tus resultados en términos de transferencias de energía? ¿Cómo se han provocado?	4.4.- INTREPRETACIÓN (individual) ¿Cómo interpretas tus resultados en términos de fuerzas? (qué han causado)
Quando los carros rebotan				

Cuando los carros quedan unidos				
---------------------------------	--	--	--	--

4.5.- EXPLICACIÓN (individual) ¿Cómo explicas la relación de los cambios en el estado del sistema y las variables asociadas a ellos, energéticamente? ¿Qué ha pasado con la energía antes y después del coche?

ACTIVIDAD N°2

2. Expresar el modelo y utilizarlo

Recientemente mencionaste algunas consecuencias de la presencia de fuerzas en relación con la transferencia de energía en el momento de la colisión, pero.....

¿qué fuerzas estuvieron presentes en los diferentes momentos?

4.6 Dibuja y menciona que fuerzas están presentes en el sistema antes del choque	Dibuja y menciona que fuerzas están presentes en el sistema justo en el momento del choque	Dibuja y menciona que fuerzas están presentes en el sistema después del choque
4.7 ¿Cuáles crees que son las fuerzas responsables de la transferencia de energía que se produce en un choque?, ¿Por qué?		

4.-Revisar el modelo

DISCUTE CON TUS COMPAÑEROS Y REvisa TUS EXPLICACIONES

Luego de realizar la experiencia te habrás percatado que existen cambios en el estado del sistema, por ejemplo el choque que estaba quieto luego de ser impactado por el otro coche experimenta un cambio de velocidad... a su vez esos cambios se relacionaron directamente, tal como lo has medido, con transferencias de energía causadas por fuerzas...

Pero en este proceso:

1.- La energía cinética que has medido ¿es la única energía asociada al sistema?, ¿si existen otras, se asocian a este cambio en el estado del sistema?

2.- ¿Qué efectos generó la fuerza en los dos casos que analizaste?

3.- Dentro de las fuerzas que has identificado, como el peso, la normal, la fuerza de roce, entre otras... ¿cuáles de ellas se asocian a la transferencia de energía?, ¿con qué cambios del estado del sistema las asociamos?, ¿qué sucede con las otras fuerzas?

En el apartado anterior y a partir de los resultados experimentales y de lo que sabes sobre los conceptos implicados y lo que acabas de discutir con tus pares (energía, fuerza, desplazamientos, ...) cada uno ha escrito su explicación en sus palabras.

A continuación vamos a poner en común estas explicaciones y construir una explicación consensuada. Anota a continuación cuál sería esta explicación o modifica aspectos que mencionaste en tus respuestas anteriores.

<p>4.8 EXPLICACIÓN (individual) ¿Cómo explicas la relación de los cambios en el estado del sistema y las variables asociadas a ellos, energéticamente? ¿Qué ha pasado con la energía antes y después del coche?</p>

4.9 Dibuja y menciona que fuerzas están presentes en el sistema antes del choque	Dibuja y menciona que fuerzas están presentes en el sistema justo en el momento del choque	Dibuja y menciona que fuerzas están presentes en el sistema después del choque

<p>4.10 ¿Cuáles crees que son las fuerzas responsables de la transferencia de energía que se produce en un choque?, ¿Por qué?</p>

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.

5.- ¿A qué conclusión puedes llegar? Detalla, con tus compañeros de grupo, las ideas que han aprendido o fortalecido con la actividad N°1

Respecto a qué ocurre en la interacción en la que hay presencia de fuerzas que generan desplazamientos/deformaciones....

Respecto a qué fuerzas asociadas a las transferencias de energía....

TAREA PARA LA CASA

Ahora que ya dominas estas ideas sobre la transferencia de energía en el que interviene una fuerza que genera un desplazamiento o deformación de un cuerpo, revisa / vuelve a leer como lo explicabas al inicio (pregunta 2 y 3) y di que cambiarías de tu explicación inicial.

ACTIVIDAD N°3

2. Expresar el modelo y utilizarlo

En las situaciones anteriores hemos analizado casos en los que se transfiere la energía mediante trabajo (realizando fuerzas que provocan un desplazamiento/deformación). No sabemos, sin embargo, cómo se produce este fenómeno. En concreto: ¿De qué depende esta transferencia de energía?, ¿Cuánta energía se transfiere?, ¿En qué circunstancias se transfiere más o menos?

Imagina que puedes simular al igual que en la actividad anterior, distintos tipos de choques:

- a) choque en el que los carros reboten (mismo material)
- b) en el que los carros queden unidos (material distinto)
- c) cambiando la masa de uno de los carros
- d) afirmando uno de los carros e impactándolo con el otro carro.

7.-Completa en forma personal la siguiente tabla tratando de dar una explicación completa al fenómeno que ocurre en las situaciones descritas.

	7.1 ¿Cómo crees que puede afectar modificar ciertas variables, a la transferencia de energía a través de trabajo?	7.2 ¿Crees que se transferirá toda la energía en la colisión en todos los casos?
choque en el que los carros reboten		
Choque en el que los carros quedan unidos		
Choque con un carro con más masa que otro		
Choque de un carro afirmado con un carro libre		

3.-Evaluar el modelo

A continuación vamos a analizar experimentalmente estas variables para enriquecer nuestra idea de transferencia de energía mediante trabajo.

8.- Completa la siguiente tabla mencionando en primera instancia lo que crees que sucederá y luego con las observaciones del grupo que lo haya investigado y tus interpretaciones del fenómeno.

	8.1 PREDICCIÓN (individual) ¿Qué energía tiene el sistema al inicio y al final?	8.2 OBSERVACIÓN (grupal) ¿Qué energía tiene el sistema al inicio y al final? Mide y calcula	8.3 INTERPRETACIÓN (grupal) ¿Se ha transferido toda la energía? ¿Qué crees que ha pasado con la energía que no se ha transferido?, ¿en qué se ha utilizado?
choque en el que los carros reboten			
Choque en el que los carros quedan unidos			
Choque con un carro con más masa que otro			
Choque de un carro afirmado con un carro libre			

8.4 EXPLICACIÓN (individual) ¿De qué depende que se transfiera más o menos energía mediante fuerzas que provocan desplazamientos y/o deformaciones?

4.-Revisar el modelo

DISCUTE CON TUS COMPAÑEROS Y REVISAS TUS EXPLICACIONES

En base a lo observado piensa en las siguientes preguntas y revisa tus explicaciones:

- ¿Será lo mismo que un auto choque con otro auto de tamaño similar a que choque con otro auto más grande?, ¿Por qué?
- ¿De qué depende que ante un impacto con la misma magnitud de la fuerza un auto se deforme más o menos?

En el apartado anterior y a partir de los resultados experimentales y de lo que sabes sobre los conceptos implicados y lo que acabas de discutir con tus pares, cada uno ha escrito su explicación en sus palabras.

A continuación vamos a poner en común estas explicaciones y construir una explicación consensuada. Anota a continuación cuál sería esta explicación o modifica aspectos que mencionaste en tus respuestas anteriores (pregunta 8).

EXPLICACIÓN (individual)

¿De qué depende que se transfiera más o menos energía mediante fuerzas que provocan desplazamientos y/o deformaciones?

9.- ¿A qué conclusión puedes llegar? Detalla, con tus compañeros de grupo, las ideas que han aprendido o fortalecido con la actividad N°3

Con respecto a de qué depende la transferencia de energía a través de trabajo...

Con respecto a en qué circunstancias se transfiere más o menos energía...

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.

TAREA PARA LA CASA: Ahora que ya dominas la idea sobre qué variables afectan la transferencia de energía a través de trabajo, revisa / vuelve a leer como lo explicabas al inicio (pregunta 7) y di que cambiarías de tu explicación inicial.

ACTIVIDAD N°4

¿y qué sucede microscópicamente?

2. Expresar el modelo y utilizarlo (responden individualmente)

En la actividad anterior analizaste macroscópicamente las transferencias de energía a través de trabajo, ahora intentemos imaginar este proceso pero a nivel microscópico....

10.-Volviendo a los experimentos que recién realizaste, piensa en el montaje de los coches que rebotan y céntrate en el momento justo en el que impactan.



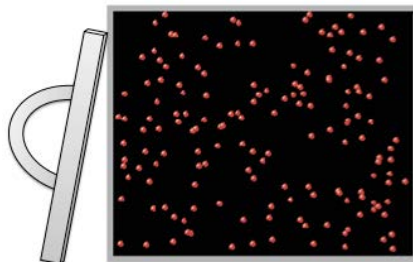
Dibuja y explica cómo te imaginas el comportamiento de las partículas que componen a los autos y de las partículas de otros sistemas que están en interacción con ellas.

¿Cómo crees que están las partículas de los autos? (antes del choque)	¿Cómo crees que estarán las partículas del sistema, en medio (cuando chocan)?	¿Cómo crees que están las partículas del sistema (autos unidos)? (Después del choque)
¿Cómo crees que se ha transferido la energía durante el choque? (cómo es el comportamiento de las partículas- nivel micro)		

3.-Evaluar el modelo

Cómo no es posible observar el movimiento de las partículas con un experimento, te invitamos a explorar y analizar cómo lo modelizamos los científicos, a través de una actividad experimental que simula el fenómeno del que estamos hablando.

El montaje experimental está conformado por una cantidad de pequeñas semillas que están sobre una superficie. Imagina que estas semillas simulan las partículas de un cuerpo. Dispones también de una placa que puedes deslizar, tal como se muestra en la siguiente figura.



Al experimental:

- a) Intenta mover la placa empujando con tu mano hacia la derecha
- b) luego intenta mover la placa volviendo a la posición anterior (hacia la izquierda) lanzando bolitas a ella / (aleatorio, agitando el material).

11.- Completa la siguiente tabla con tus observaciones e interpretaciones del fenómeno (no olvides el comportamiento de las partículas analizado en la sesión anterior, por el hecho de estar a T° ambiente).

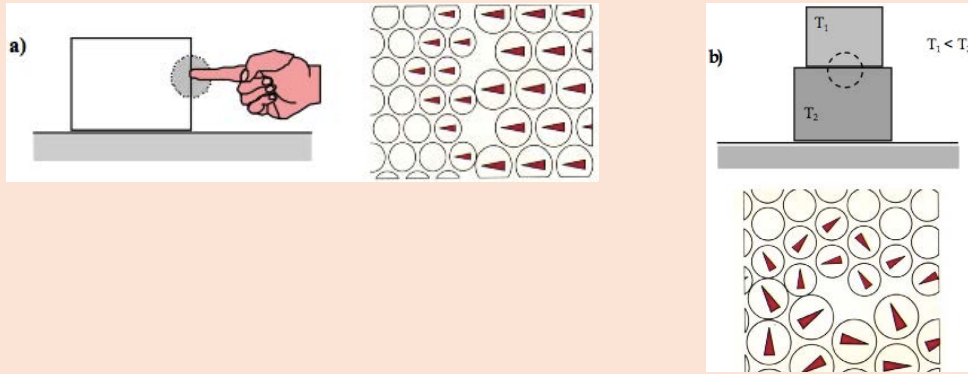
<p>11.1 PREDICCIÓN (Individual) ¿Cómo crees que se comportarán las partículas del sistema (las que conforman la placa deslizable y las semillas) al aplicar una fuerza con tu mano y con las bolitas? ¿Por qué?</p>	<p>11.2 OBSERVACIÓN (Grupal) ¿Cómo se comportan las partículas del sistema al aplicar una fuerza direccionada y ante la presencia de un movimiento aleatorio?</p>	<p>11.3 INTERPRETACIÓN (Grupal) ¿Qué representarán las bolitas aleatorias golpeando la placa en relación con el empujar con una fuerza direccionada?</p>

<p>11.4.-EXPLICACIÓN (Individual) ¿Cómo se ha transferido la energía a nivel micro?</p> <p>(cómo se comportan las partículas ante la presencia de fuerzas y considerando además que el sistema está a T° ambiente)</p> <p>Explica y Dibuja</p>	<p>11.5.- EXPLICACIÓN (Individual) ¿Qué diferencias hay con respecto al mecanismo de calor? (a nivel micro)</p> <p>¿Serán mecanismos de transferencia de energía equivalentes entre sí, en términos de aprovechamientos?</p>

4.-Revisar el modelo

DISCUTE CON TUS COMPAÑEROS Y REVISAS TUS EXPLICACIONES

Observa las siguientes imágenes y discute con tus compañeros para revisar tus respuestas dadas anteriormente.



- a) ¿Qué representarán las flechas de mayor y menor tamaño en cada imagen?
- b) ¿Por qué hay diferencias en la orientación de las flechas, comparando ambas imágenes?, ¿qué representan?

c) ¿De qué forma de está transfiriendo la energía en cada caso?, ¿qué está sucediendo a nivel microscópico?

d) Imagina que invertiste una cierta cantidad de energía en mover la placa con tu mano y ésta fue aprovechada por las partículas (en un movimiento direccionado), ahora ¿esa energía invertida, dejando de aplicar la fuerza, puede ser utilizada por las partículas, en el interior de la placa, para devolver la placa a su posición original?

¿Toda la energía transferida a través de un trabajo o transferida a través de calor se puede aprovechar del mismo modo?

En el apartado anterior y a partir de lo que hemos observado, cada uno ha escrito su explicación en sus palabras. A continuación **vamos a poner en común** estas explicaciones y construir una explicación consensuada del fenómeno. Anota a continuación cuál sería esta explicación o modifica aspectos que mencionaste en tus respuestas anteriores (pregunta 11).

¿Cómo están las partículas del sistema antes de aplicar una fuerza?, ¿Por qué?	¿Cómo están las partículas del sistema al aplicar una fuerza? ¿Por qué?	¿Cómo están las partículas del sistema al dejar de aplicar la fuerza?, ¿Por qué?

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 cómo se realiza una transferencia de energía en forma de trabajo a nivel micro, revisa / vuelve a leer como lo explicabas al inicio (pregunta 10) y di que cambiarías de tu explicación inicial.

Observa la siguiente simulación para complementar las observaciones realizadas con el montaje experimental. <https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/gas-properties>

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

Hoy has analizado las transferencias de energía a través de trabajo en el contexto de los choques, sin embargo en otros dispositivos también se puede observar la presencia de fuerzas que producen ciertos desplazamientos y que son aprovechados para ir generando nuevos cambios en los sistemas, tal como lo hace la máquina de Rube Goldberg. Esta máquina permite convertir las tareas más sencillas y cotidianas en tareas extremadamente complejas e ingeniosas. Observa el siguiente video e identifica el funcionamiento que el gato Tom le da a este dispositivo:



<https://www.youtube.com/watch?v=GvnEBX9aedY>

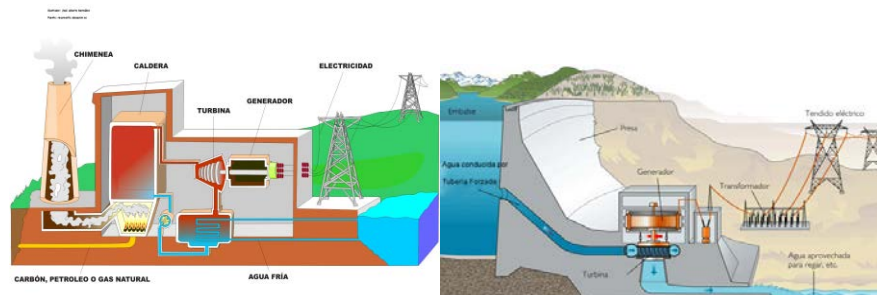
13.-Explica esta cadena energética en forma completa, mencionando a qué sistemas se asocia la energía, qué pasa con ella, cómo se transfiere...

14.- Antiguamente, los autos estaban fabricados con materiales sólidos, que permitían disminuir las pérdidas materiales ante un choque, mientras que hoy en día se fabrican con materiales más deformables, lo curioso es que las pérdidas humanas son menores hoy en día.

¿Cómo explicas este fenómeno en términos de transferencia de energía?



Vuelve a pensar en el funcionamiento de las centrales termoeléctricas e hidroeléctricas que hemos estudiado en la primera sesión.



15.- Explica esta cadena energética en forma completa, mencionando a qué sistemas se asocia la energía, qué pasa con ella, cómo se transfiere ...

8.4. Anexo 4: Dossier N°4

ACTIVIDAD N°1

1. Sentir la necesidad de un modelo

INTRODUCCIÓN

Observa las siguientes imágenes del disco de frenos de un automóvil de rally, discute las preguntas con tus compañeros y luego pongan en común sus respuestas con el curso.



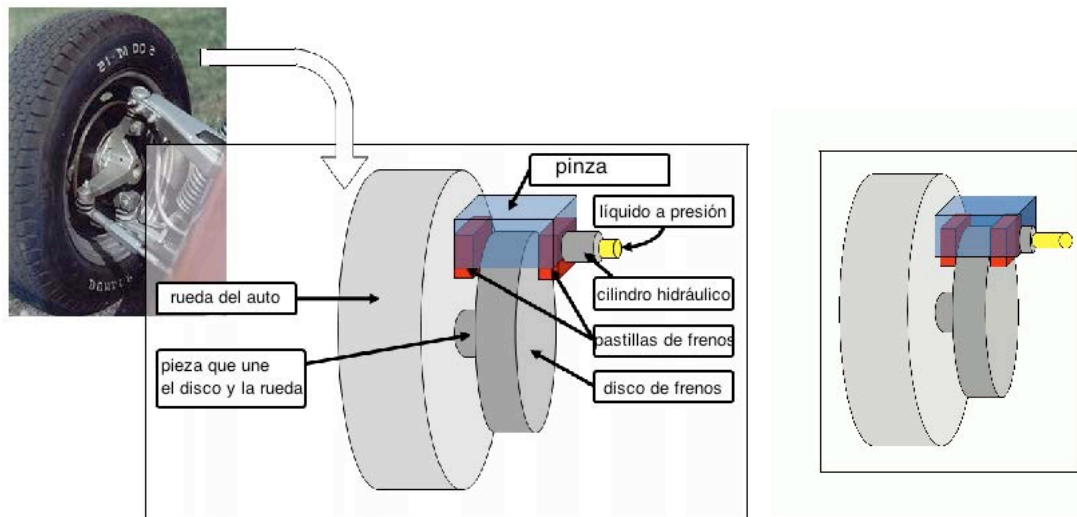
- 1.- ¿Crees que puedes explicar científicamente cómo llegó el disco de frenos de este automóvil al estado en el que se encuentra y cómo quedará al cabo de un tiempo?
¿A qué asocias la energía?, ¿dónde va?, ¿podremos aprovechar del mismo modo la energía asociada al estado inicial con respecto a la asociada al estado final?

2. Expresar el modelo y utilizarlo

DESDE NUESTRA PROPIA EXPERIENCIA...

Quizás al observar las fotografías, puedes haber pensando que las ruedas brillaban por una cuestión de luces, sin embargo, lo que interviene es un fenómeno que sucede en el disco de freno. El metal, en vez de ser gris adquirió un color rojizo, salía humo del disco de freno y las pastillas de freno olían a quemado.

La mayoría de los automóviles que ves a tu alrededor utilizan el mismo sistema de frenado del automóvil de rally. La siguiente imagen, te permitirá comprender el funcionamiento de este sistema.



2.-Completa el siguiente esquema, nombrando y pintando en el dibujo, a qué parte del sistema asociamos la energía, identificando qué cambios se asocian a transferencias de energía y a través de qué mecanismo se producen dichas transferencias.

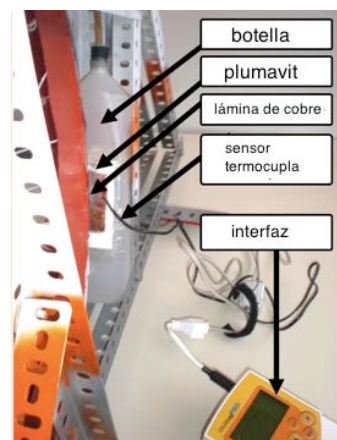
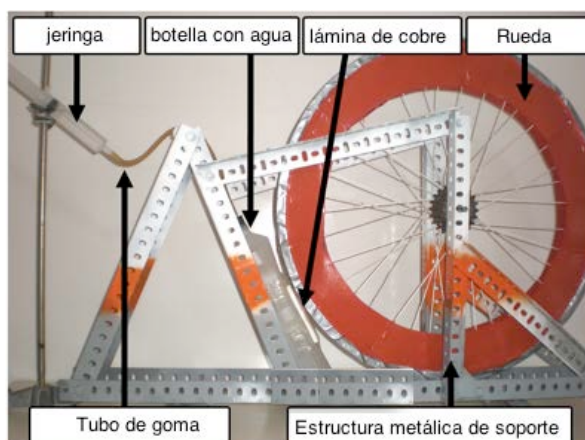
Antes que la rueda gire	Mientras las rueda gira	Justo después de frenar	Al cabo de unos minutos
<p>¿A qué asociamos la energía?</p>	<p>¿A qué asociamos la energía?</p>	<p>¿A qué asociamos la energía?</p>	<p>¿A qué asociamos la energía?</p>
<p>¿Qué cambios se producen?</p>	<p>¿Qué cambios se producen?</p>	<p>¿Qué cambios se producen?</p>	<p>¿Qué cambios se producen?</p>
<p>¿Con qué mecanismo de transferencia de energía asocias los cambios?</p> <p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p>	<p>¿Con qué mecanismo de transferencia de energía asocias los cambios?</p> <p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p>	<p>¿Con qué mecanismo de transferencia de energía asocias los cambios?</p> <p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p>	<p>¿Con qué mecanismo de transferencia de energía asocias los cambios?</p> <p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p>

<p>2.2 ¿Qué camino ha seguido la energía, asociada a la luz del disco de frenos, desde que la rueda está en movimiento hasta que el automóvil está parado y el disco deja de brillar? (Menciona el origen de la energía, a dónde va y cómo se transfiere de un sistema a otro, etc.)</p>	<p>2.3 ¿La energía que se ha invertido en mover la rueda y luego frenar el coche, se puede aprovechar para otra cosa? Explica</p>

3.-Evaluar el modelo

Ahora que ya conoces el funcionamiento de un disco de freno, vamos a analizar el camino de la energía y asociar ciertas variables a los procesos que ocurren desde que el automóvil va en movimiento hasta después de la frenada.


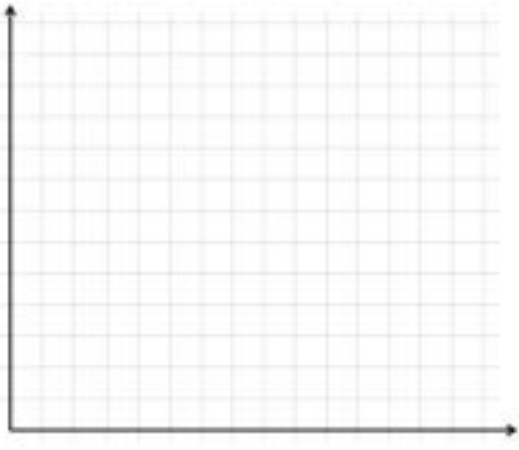
Cómo no es posible observar en directo un disco de frenos, te invitamos a explorar, cómo lo modelizamos los científicos, a través del siguiente montaje que simula el proceso de frenado de los automóviles.



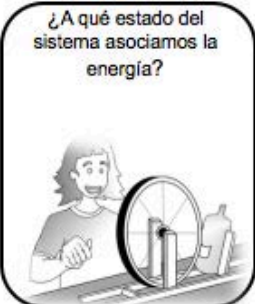
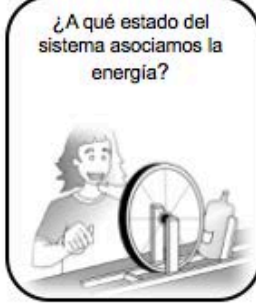
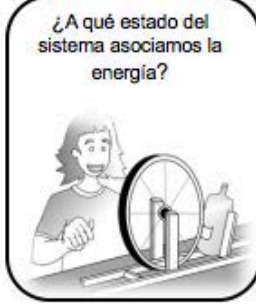
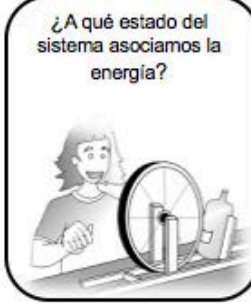
Antes de comenzar a tomar datos, haz girar la rueda a cierta velocidad y cuando la rueda esté girando de forma constante, comienza la toma de datos. Apenas hayas comenzado a medir, pulsa rápidamente la jeringa y observa los resultados durante unos minutos.

Realiza mediciones tratando de girar la rueda cada vez más rápido.





3.- A continuación, utiliza los ejes de coordenadas y dibuja la evolución de la temperatura durante todo el proceso, es decir, **antes, durante y después del frenado**. Como los ejes de coordenadas no tienen valores, puedes poner las unidades y los valores que tú quieras. Luego de experimentar dibuja la gráfica obtenida y compara con tu predicción.

<p>3.1 PREDICCIÓN (individual) Nombra en la gráfica las etapas que crees que están presentes a lo largo del proceso</p>	<p>3.2 OBSERVACIÓN (grupal) Nombra en la gráfica las etapas que identificaste a lo largo del proceso</p>
	
<p>Cómo crees que se transferirá la energía en las diferentes etapas que mencionaste? ¿Por qué?</p>	<p>¿Cómo se ha transferido la energía en las etapas que observaste?, ¿Dé donde ha salido la energía que ha generado la subida de T°, cómo la causó y a dónde ha ido?</p>

3.3 En base a lo que has observado, completa el siguiente esquema

Antes que la rueda gire	Mientras las rueda gira	Justo después de frenar	Al cabo de unos minutos
<p>¿A qué estado del sistema asociamos la energía?</p> 	<p>¿A qué estado del sistema asociamos la energía?</p> 	<p>¿A qué estado del sistema asociamos la energía?</p> 	<p>¿A qué estado del sistema asociamos la energía?</p> 
<p>¿Qué cambios se producen?</p> <p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p>		<p>¿Qué cambios se producen?</p> <p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p>	
			<p>¿Qué cambios se producen?</p> <p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p>

4.- Hemos visto que en el proceso estudiado en cada cambio hay una transferencia de energía. Este proceso parece tener un final, es decir, con la rueda parada y fría no suceden más cambios. ¿Cómo podemos aprovechar la energía en cada etapa?

Antes que la rueda gire	Mientras las rueda gira	Justo después de frenar	Al cabo de unos minutos
			
<p>¿De qué otra manera se podría aprovechar la energía?</p>	<p>¿De qué otra manera se podría aprovechar la energía?</p>	<p>¿De qué otra manera se podría aprovechar la energía?</p>	<p>¿De qué otra manera se podría aprovechar la energía?</p>

<p>4.2EXPLICACIÓN (individual) A partir de lo que has medido y de la curva de temperatura obtenida... ¿qué puedes decir sobre el camino de la energía?, ¿qué representa el calentamiento y el enfriamiento?</p>	<p>4.3EXPLICACIÓN (individual) Con respecto a los aprovechamientos... ¿Qué ha pasado con la cantidad u utilidad de éstos a lo largo de la cadena?, ¿Cuáles son de mayor calidad: los aprovechamientos iniciales o finales? Entonces ¿qué pasa con la energía?</p>

4.-Revisar el modelo

Hoy hemos estudiado dos fenómenos, el calentamiento que se produce por rozamiento y el enfriamiento que se produce por interacción con el entorno. El primero lo pudiste observar cuando la botella con agua aumenta su volumen y roza con la placa de cobre, en cambio, el segundo el vaso observar cuando la placa de cobre se empezó a enfriar al estar en contacto con el ambiente, llegando a un estado de equilibrio térmico.

Una de las etapas que habrás identificado en la gráfica que has obtenido es la etapa en la que el cobre se calienta y por tanto, aumenta su temperatura “calentamiento por rozamiento”, mientras que otra etapa que habrás identificado en la gráfica es la que podemos llamar "Enfriamiento por contacto de cuerpos a diferentes temperaturas".



DISCUTE CON TUS COMPAÑEROS Y REVISAS TUS EXPLICACIONES

La naturaleza tiende de forma espontánea e irreversible a homogeneizar las diferencias y anular las posibilidades de cambio. Sin embargo, nosotros necesitamos producir cambios: adquirir velocidad en el coche, conseguir una altura o frenar una posible caída en el ascensor, calentar la leche del desayuno, etc...

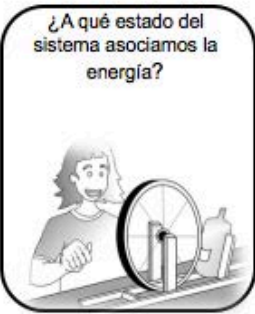
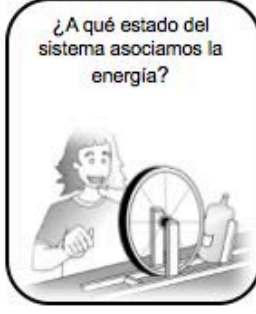
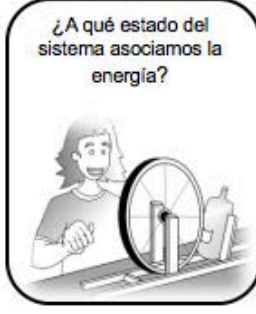
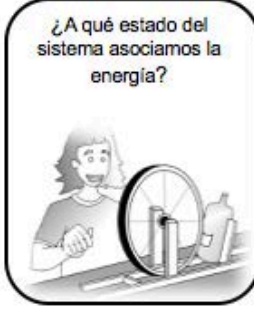
¿Qué mecanismo de transferencia de energía nos es más útil si queremos producir cambios de forma más continua?

¿Qué significa que el proceso de calentamiento (trabajo) sea más rápido que el enfriamiento (calor)?, ¿cómo se relaciona esto con los aprovechamientos?

¿Qué podría significar que la energía se disperse?

¿Qué pasa con la utilidad y la calidad de la energía a lo largo de la cadena energética?

4.4 En el apartado anterior, cada uno ha escrito su explicación en sus palabras. A continuación pon en común estas explicaciones y en base a la revisión que has hecho con tus compañeros, vuelve a responder o sofisticas aspectos de tus respuestas anteriores.

Antes que la rueda gire	Mientras las rueda gira	Justo después de frenar	Al cabo de unos minutos
<p>¿A qué estado del sistema asociamos la energía?</p> 	<p>¿A qué estado del sistema asociamos la energía?</p> 	<p>¿A qué estado del sistema asociamos la energía?</p> 	<p>¿A qué estado del sistema asociamos la energía?</p> 
<p>¿Qué cambios se producen?</p> <p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p>	<p>¿Qué cambios se producen?</p> <p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p>	<p>¿Qué cambios se producen?</p> <p>Trabajo <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/></p>	

<p>4.5 EXPLICACIÓN (individual) A partir de lo que has medido y de la curva de temperatura obtenida... ¿Qué puedes decir sobre el camino de la energía?, ¿qué representa el calentamiento y el enfriamiento?</p>	<p>4.6 EXPLICACIÓN (individual) Con respecto a los aprovechamientos... ¿Qué ha pasado con la cantidad de éstos a lo largo de la cadena?, ¿Cuáles son de mayor calidad los aprovechamientos iniciales o finales? Entonces ¿qué pasa con la energía?</p>

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.

5.- ¿A qué conclusión puedes llegar? Detalla, con tus compañeros de grupo, las ideas que han aprendido o fortalecido con la actividad N°1

Con respecto a la disminución de aprovechamientos a lo largo de una cadena energética...

Ideas del modelo que se potencian en la actividad N°1

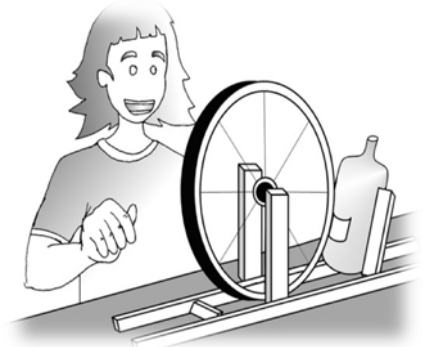
1.- La energía se degrada a medida que un sistema va perdiendo capacidad para generar nuevos cambios.

ACTIVIDAD PARA CASA: Ahora que ya dominas la idea de degradación de la energía, vuelve a leer como lo explicabas al inicio (pregunta 2) y di que cambiarías de tu explicación inicial.

ACTIVIDAD N°2

2. Expresar el modelo y utilizarlo

En la situación estudiada se producen cambios en el estado (en cómo están) los sistemas: en cómo se mueven, a qué temperatura están, etc. A lo largo del proceso, también vemos que unos cambios generan otros, por ejemplo, la rueda cambia su estado de movimiento al rozar con la placa, y este cambio genera otro cambio en la placa, que aumenta su temperatura. De la misma forma, la placa caliente cambia su estado de temperatura al enfriarse, y este cambio de temperatura genera otro cambio de la temperatura del aire de alrededor de la placa, que se calienta.



6.-Imaginemos que toda la energía que se asocia a los diferentes estados del sistema, la podemos representar en una cantidad con un vaso...
A lo largo de todo el proceso ¿Dónde está la energía del vaso, se habrá perdido? Explica

3.-Evaluar el modelo

Imagina que podemos representar las distintas cantidades de energía, asociadas a diferentes procesos que ocurren en esta cadena de cambios. Para esto dispones de una bandeja, vasos, etiquetas y agua.

Imagina que la cantidad de energía inicial que dispones es de 500 [J], tal como se muestra en la siguiente imagen:



7.-Escoge la cantidad de vasos que consideres necesarios para representar las diferentes etapas presentes en la cadena energética, ubícalos sobre la bandeja y con la ayuda de las etiquetas escribe la cantidad de energía que asocias y nombra a qué la asocias (puedes ubicar las etiquetas donde quieras). Vierte el agua de tu vaso inicial y distribúyela como lo consideres adecuado (si se vierte agua en la bandeja, mesón u otros, no la seques).

7.1 OBSERVACIÓN (grupal) Dibuja la situación que acabas de recrear con tus compañeros
7.2 EXPLICACIÓN (individual) ¿Qué pasa con la cantidad de energía a lo largo de un proceso?, ¿se pierde? ¿Por qué?

4.-Revisar el modelo

DISCUTE CON TUS COMPAÑEROS Y REvisa TUS EXPLICACIONES
Consideraste en tu etiquetado la energía asociada a: La rueda en movimiento Al calentamiento por fricción entre las partes de la rueda Calentamiento de la placa de cobre Aumento de T° del entorno ¿Partes del sistema ganan energía y otras la pierden? ¿Si la energía se degrada cómo es posible que se cumpla el principio de conservación de ésta?

Discute esta idea con tus compañeros de grupo y revisen junto a todo el curso, las respuestas que han entregado en la etapa anterior, puedes mejorar tus respuestas dadas en la pregunta 7.

<p>7.3 OBSERVACIÓN (grupal) Dibuja la situación que acabas de recrear con tus compañeros</p>
<p>7.4 EXPLICACIÓN (individual) ¿Qué pasa con la cantidad de energía a lo largo del proceso?, ¿se pierde? ¿Por qué?</p>

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.

8.- ¿A qué conclusión puedes llegar? Detalla, con tus compañeros de grupo, las ideas que han aprendido o fortalecido con la actividad N°1

Con respecto a la conservación de la energía...

Ideas del modelo que se potencian en la actividad N°1

1.- La energía se conserva en los sistemas aislados y se disipa en los sistemas no aislados, de manera que la energía que gana o pierde un sistema siempre corresponde a la pérdida o ganancia de energía de otro sistema o del entorno.

ACTIVIDAD PARA CASA:

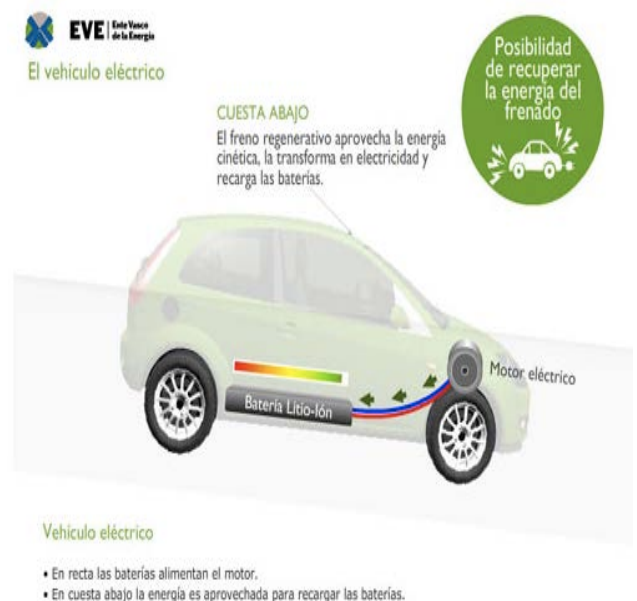
9.- Ahora que ya dominas la idea de conservación y degradación de la energía, vuelve a leer como lo explicabas al inicio (pregunta 6) y di que cambiarías de tu explicación inicial.

10.- Vuelve a explicar en forma completa y detallada el camino de la energía desde que hemos puesto la rueda en funcionamiento hasta que el cobre se ha enfriado por completo. Utiliza todo tu modelo energético aprendido en estas sesiones.

6.- Utilizar el modelo para explicar un nuevo fenómeno (Tarea)

El ahorro energético en la frenada

Para terminar, te proponemos que te fijes en un sistema que últimamente se ha puesto en práctica en algunos vehículos para aprovechar la energía que se disipa en una frenada. Es un sistema llamado "Freno regenerativo", que aprovecha parte de la energía que se disipa durante el proceso de frenado para cargar una batería que incorpora el coche. Para ello, utiliza unos imanes que, al moverse, interactúan con unas bobinas (conjunto de espiras de material conductor conectadas a un circuito eléctrico) que producen electricidad, y esa electricidad carga una batería eléctrica. Es decir, las ruedas, a través de los imanes que tiene instalados, hacen un trabajo sobre las bobinas, y la energía transferida a las bobinas permite almacenar carga en una batería, y permite posteriormente encender otros aparatos eléctricos del coche.



11.- A partir de todo lo que has aprendido hoy, explica qué diferencias hay entre la cadena de transferencia de energía en el freno convencional y en el freno regenerador. Puedes dibujar uno o varios esquemas, si quieres.

12.- ¿Cómo relacionas las diferencias entre las dos cadenas energéticas con la degradación de la energía? ¿El auto con freno regenerativo puede moverse eternamente? Explica.

8.5. Anexo 5: Test de entrada

Cuestionario inicial de la asignatura “Bases Físicas de los Seres Vivos: Energía”

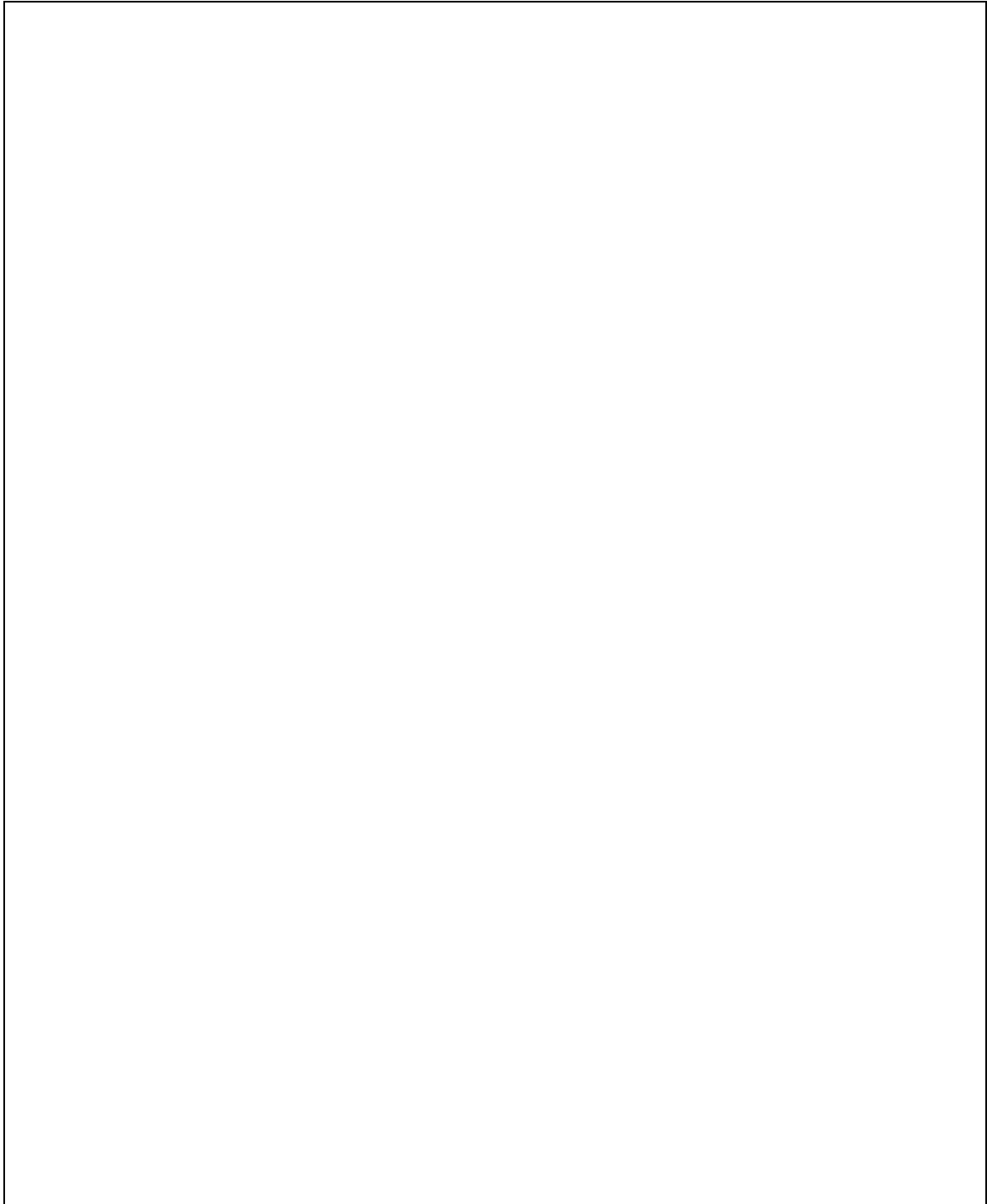
Para conocer tus ideas sobre la asignatura, les pedimos que respondan este cuestionario con total sinceridad. Sus respuestas servirán para mejorar la asignatura, en ningún caso para evaluar sus respuestas.

1.1. Describe como sería tu clase de ciencias ideal. Menciona aspectos en torno a:

- a) ¿qué actividades debería usar o realizar el docente?
- b) ¿qué conexión tendría que existir entre teoría y práctica?
- c) ¿cómo deberían ser las interacciones entre estudiantes con el profesor y entre estudiantes?
- d) ¿cuál es el papel de los estudiantes en la clase? ¿Cómo tendrían que aprender?
- e) ¿qué estrategia didáctica o metodología tendría que usar el profesor? entre otros aspectos que puedas resaltar.

1.2. Imagina que debes explicar los temas relacionados con la energía a estudiantes de 16/18 años. Menciona qué tratarías de conseguir, es decir, qué crees que deberían llegar a saber los estudiantes de este campo de conocimientos.

(Intenta precisar: no se trata de escribir, por ejemplo “que comprendan qué es la energía”, sino de indicar **qué deberían llegar a comprender sobre la energía**. Señala también las dificultades a las que deberíamos prestar atención y cómo la enseñarías.



8.6. Anexo 6: Test de salida

Cuestionario final de la asignatura “Bases Físicas de los Seres Vivos: Energía”

Para conocer tus ideas sobre la asignatura, les pedimos que respondan este cuestionario con total sinceridad. Sus respuestas servirán para mejorar la asignatura, en ningún caso para evaluar sus preguntas.

1.1. ¿Qué actividades de las que hemos hecho en la asignatura te han ayudado más a aprender ciencias?

1.2. ¿Qué has echado de menos en la asignatura que te hubiera ayudado a aprender más o mejor?

2.1. A continuación presentamos una serie de actividades que hemos desarrollado en clase. Has una cruz a las 5 actividades que te han servido más para aprender los modelos de ciencias.

1. Pensar qué pasa y por qué antes de realizar un experimento (Por ej. Responder a la pregunta “¿Qué esperas que suceda al momento en que los coches se impacten? ¿Por qué?”) O hacer un dibujo inicial sobre cómo te imaginas un fenómeno (ej. “¿Cuáles crees que son las fuerzas que producen desplazamientos/deformaciones en los cuerpos de las imágenes anteriores? Dibújalas”).	
2. Hacer experimentos y trabajo de laboratorio de manera autónoma utilizando diversos instrumentos y materiales (Por ej. Conectar las fotopuertas y configurar el programa data studio, medir con el pie de metro, hacer chocar dos coches y medir sus velocidades, utilizar la balanza, cambiar la masa de uno de los coches y medir las velocidades, calcular la variación de energía cinética asociada...).	
3. Hacer el esfuerzo de aplicar las ideas del modelo que hemos aprendido en un fenómeno nuevo (ej. "Explicar ¿por qué crees que hay animales que tienen las orejas más grandes que otros? " o "explicar qué diferencias hay entre las transferencias de energía de un automóvil convencional y uno con freno regenerativo").	
4. Tener bien redactadas, al final de cada tema, las ideas clave del modelo que hemos trabajado (ej. Diapositivas del power point donde están escritas de manera más científica y correcto las "ideas clave (configuración de un sistema, transferencias, degradación y conservación de la energía" o la base de orientación para aplicar el modelo que se ha discutido en clase).	

5. Después de hacer un experimento, dar cuenta de hasta qué punto los resultados cuadran con mi explicación o dibujo inicial (Por ej.: Cuando después de analizar los distintos estados de los sistemas, en el funcionamiento de la central hidroeléctrica, nos volvíamos a plantear por qué si algunos de ellos eran más energéticos que otros no permitían aprovechar un mismo cambio con mayor eficiencia; o cuando después de hacer el experimento de los choques volvíamos a preguntar por las variables que afectaban a la transferencia de energía a través de trabajo).	
6. Aprender nombres o vocabulario científico relevante en el tema (ej. Transferencia de energía a través de trabajo o calor, degradación, conservación, ...), fórmulas importantes (Por ej.: La fórmula de la variación de la energía cinética de un sistema) o principios científicos (Por ej.: Principio de conservación de la energía).	
7. Replantear y revisar la explicación que había dado a un fenómeno después de haber trabajado ese tema (Por ej.: Después de explicar como se comportaban las partículas justo en el momento del impacto entre dos coches y luego comparar con la simulación el comportamiento de las partículas cuando se transfiere energía de trabajo o cuando se cuestiona el calor calculado de la energía de cada imagen presentando nuevos antecedentes como la cinética de la Tierra).	
8. Realizar tareas complementarias para aplicar los conocimientos de cada clase a otras situaciones (Por ej.: analizar el capítulo del programa "no tan obvio" en términos de la conveniencia de utilizar una transferencia de energía a través de trabajo para calentar algo o para mover cosas, etc.)	
9. Consensuar la mejor explicación a un fenómeno conjuntamente con toda la clase después de discutir con compañeros y profesora (Por ej.: Cuando calcularon la energía de las imágenes de agua en reposo, en movimiento, en altura, caliente y con azúcar y luego explicaban si en cada caso habían calculado la energía absoluta de cada sistema, o cuando proponían qué características debía tener el montaje de la central hidroeléctrica para que aprovechara de manera más eficiente los distintos estados del sistema.)	
10. Hacer una reflexión en torno a los aprendizajes que tuviste en cada sesión, identificando los aspectos del diseño que más te ayudaron a aprender en torno a la energía y sugiriendo otros que te hubiesen contribuido más en tu formación como futuro profesor.	
11. Hacer lecturas de artículos relacionados con el modelo que estamos trabajando (Por Ej.: La lectura "Enseñar la energía en secundaria").	
12. Que la actividad comience con una pregunta que permita mirar el fenómeno de una manera determinada (Por ej.: "Explica de dónde proviene y qué camino ha seguido la energía asociada a la luz del disco de frenos desde que la rueda está en movimiento hasta que el coche está parado y el disco deja de brillar. Menciona el origen de la energía, a dónde va y como se transfiere de un sistema a otro. Puedes ayudarte con un dibujo o un esquema si lo prefieres").	

2.2. ¿Por qué has escogido estas 5 actividades?

ACT 1	
ACT 2	

ACT 3	
ACT 4	
ACT 5	

3. Lee estas tres propuestas de actividades de aula y responde las preguntas a continuación:

Propuesta 1. Diseñamos el mejor sistema de aislación térmica!!

Se pide a los alumnos que seleccionen diferentes materiales que se pueden usar para la construcción de una habitación y se pregunta: "¿Cuál de ellos permite que la energía no se disipe en una habitación?". Se les pide que piensen en un posible diseño experimental para escoger el mejor aislante. En grupos pequeños, piensan diferentes estrategias, llevan a cabo el experimento pensado y toman nota de los resultados obtenidos con cada material. Cada grupo presenta su propuesta de mejor aislante, describiendo qué materiales son mejores conductores de la energía a través de calor y cuales son mejores aislantes. Al final entre todos se decide cuál es el mejor material a través de una votación.

Propuesta 2. ¿Cómo podríamos aislar una habitación para que no pierda energía?

En grupos pequeños, se les presenta a los estudiantes diferentes fotografías de materiales que sirven para la construcción de una habitación. Se les pide a los estudiantes que dibujen una habitación con materiales que ayuden a que no pierda energía a través de calor y que dibujen cómo creen que pasa la energía a través de calor por ella. Después los estudiantes simulan con diferentes materiales lo que sucede con la energía en una habitación, miden la temperatura de enfriamiento de agua contenida en materiales conductores y aislantes y toman nota de los resultados obtenidos. Después vuelven a dibujar como creen que se transfiere la energía, a través de calor, en una habitación construida con materiales aislantes o conductores. Al final comparan sus dibujos con los de los compañeros para consensuar un modelo final mejor que explique este fenómeno y luego el profesor plantea una nueva situación para plasmar sus modelos en ella.

Propuesta 3: ¿Qué contamina más?

La profesora explica que existen diferentes formas de calefacción para nuestros hogares, algunas pueden ser a través de la quema de combustibles fósiles, otros pueden ser a partir de un aprovechamiento eléctrico o simplemente diseñando una casa con los materiales adecuados para evitar las transferencias de energía con el entorno. La profesora enfatiza que elegir un sistema de calefacción correcto permite mejorar la calidad de vida de nuestras familias y del entorno. En grupos, se pide a los alumnos que hagan una listado de métodos de calefacción que usan ellos, sus familias y vecinos y que señalen cuales creen que con más perjudiciales para el medio ambiente y para la economía familiar. Hacen una búsqueda en internet sobre qué sustancias son más nocivas para su uso en la calefacción de nuestros

hogares, y miran si sus ideas coinciden con la información encontrada. Al final, los alumnos deben contar sus hallazgos a familiares y vecinos.

3.1. ¿Qué propuesta se parece más a lo que hemos hecho en la asignatura? ¿Por qué?

3.2. Si tú mañana tuvieras que dar clases de ciencias, ¿cuál de las tres propuestas crees que se parecería más a lo que tú harías? Cuéntalo.

4. En estas clases hemos seguido una manera de hacer ciencias concreta. Si tuvieras que explicar a alguien que no conoce la asignatura qué forma de enseñar ciencias hemos utilizado, ¿cómo lo explicarías?

5. Describe como sería tu clase de ciencias ideal. Menciona aspectos en torno a:

- a) ¿qué actividades debería usar o realizar el docente?
- b) ¿qué conexión tendría que existir entre teoría y práctica?
- c) ¿cómo deberían ser las interacciones entre estudiantes con el profesor y entre estudiantes?
- d) ¿cuál es el papel de los estudiantes en la clase? ¿Cómo tendrían que aprender?
- e) ¿qué estrategia didáctica o metodología tendría que usar el profesor? entre otros aspectos que puedas resaltar.

6. Imagina que debes explicar los temas relacionados con la energía a estudiantes de 16/18 años. Menciona qué tratarías de conseguir, es decir, qué crees que deberían llegar a saber los estudiantes de este campo de conocimientos.

(Intenta precisar: no se trata de escribir, por ejemplo “que comprendan qué es la energía”, sino de indicar **qué deberían llegar a comprender sobre la energía**. Señala también las dificultades a las que deberíamos prestar atención y cómo la enseñarías.



En esta Tesis Doctoral diseñamos e implementamos una propuesta formativa de modelización para analizar la construcción y evolución del modelo científico escolar de energía en futuros profesores de física y matemática.

Consideramos que una visión energética del mundo puede contribuir a que los futuros profesores realicen predicciones, explicaciones y toma de decisiones fundamentadas de múltiples fenómenos de nuestro entorno. Sin embargo, la construcción de un modelo tan complejo y abstracto como este no es algo trivial.

En ese sentido la participación de los futuros profesores en una Actividad Científica Escolar (ACE) análoga a la de la ciencia (en la que se introducen prácticas sociales y dialógicas) puede contribuir en la comprensión de este modelo científico escolar y en la adquisición de estrategias didácticas para su próximo quehacer docente.

En resumen, observamos que los estudiantes experimentan una evolución de sus modelos energéticos sobre todo cuando participan en actividades de expresar y evaluar / poner a prueba el modelo del ciclo de modelización y al valoran la experiencia de haber sido partícipes de prácticas distintas a las tradicionales.

