

Efecto de la temperatura y estructura en las propiedades mecánicas de materiales poliméricos. Aplicación en el Grado de Ingeniería de los Materiales

Effect of temperature and structure on the mechanical properties of polymeric materials. Application in the Degree of Materials Engineering

Ingenierías

CARLOS BENGOCHEA RUIZ

<https://orcid.org/0000-0002-4794-731X>

Universidad de Sevilla. Escuela Politécnica Superior. Departamento de ingeniería química
cbengochea@us.es

Resumen. La asignatura Materiales Poliméricos se imparte dentro del Grado de Ingeniería de Materiales de la Universidad de Sevilla, siendo recibida también por alumnos de doble grado de Ingeniería de Materiales y Física o Química. La diferente formación de partida de los tres grupos que asisten a la misma aula a recibir la docencia de la asignatura debe ser considerada en el diseño del programa de la asignatura para evitar dificultades en la formación de un único grupo interdisciplinar. El modelo didáctico empleado ha sido una explicación teórica inicial argumentada con conocimientos ya adquiridos en temas anteriores, seguido de un nuevo problema (i.e., lectura o video) tras el cual se aplicó una actividad de contraste en la pizarra. Se finalizó con una explicación teórica del contenido planteado en el problema propuesto. La participación del alumnado resultó de gran utilidad, interaccionando entre ellos, contrastando ideas y explicándose conceptos entre sí, basados en conocimientos previos. Los resultados del aprendizaje se consideran positivos, al despertar la motivación de los y las alumnas y subir un amplio porcentaje en la escalera de aprendizaje.

Palabras clave: Materiales poliméricos, grado en ingeniería de materiales, docencia universitaria, desarrollo profesional docente

Abstract. Polymeric Materials is a class that is taught in the Degree in Materials Engineering at the University of Sevilla and is also received by students enrolled in the double degree in Materials Engineering and Physics or Chemistry. The different training of the three groups of students that attend the same classroom must be addressed in the design of the program to avoid difficulties in the training of a unique interdisciplinary group. The didactic model used has been based on an initial theoretical explanation based on knowledge already acquired in previous topics, followed by a new problem (i.e., reading or video) after which a contrast activity was applied using the blackboard. It ended with a theoretical explanation of the content raised in the proposed problem. Student participation was high and useful, as they interacted with each other, contrasting ideas and explaining concepts to each other. Learning outcomes are considered positive, by awakening the students' motivation and climbing a large percentage of the learning ladder.

Keywords: Polymeric materials, degree of materials engineering, university teaching, teaching professional development.

Introducción

El presente trabajo presenta el planteamiento y los resultados de una experiencia de innovación docente basada en la aplicación de un Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) (Delord, Hamed y otros, 2020). Este CIMA se encuadra dentro de la Red de Formación e Innovación Docente (REFID) como parte del Programa de Formación e Innovación Docente del Profesorado (FI-DOP) 2021, organizado por el Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Sevilla. Esta experiencia se ha llevado a cabo en la asignatura de *Materiales Poliméricos* (MATPOL), la cual consta de 6 créditos ECTS, formando parte del módulo obligatorio *Tecnología y Aplicaciones de Materiales* del plan de estudios correspondiente al título de Grado en Ingeniería de Materiales. En el plan de la Universidad de Sevilla, dicha materia se imparte en el quinto semestre (primero de tercer curso). La asignatura es impartida por profesores del departamento de ingeniería química constando de 39 horas presenciales de teoría, 12 horas presenciales de prácticas de laboratorio, y 9 horas de prácticas (seminarios de problema). La evaluación de la asignatura se realiza de manera que el conocimiento adquirido en clases de teoría supone el 64% de la calificación global, aquellos adquiridos en las prácticas de laboratorio suponen un 20 %, mientras que los seminarios completan el 16% restante.

Diseño previo del CIMA

La experiencia docente se ha aplicado en el bloque de teoría, de la asignatura MATPOL, en concreto en el tema 4, titulado *Propiedades de polímeros*, el cual se encuadraría dentro del vértice “Propiedades” dentro del triángulo de interrelación estructura-propiedades-procesado básico en la Ciencia de los Materiales. Dicho triángulo se puede tomar de base para dibujar un mapa básico del contenido global de la asignatura (Figura 1). Durante las clases teóricas, se plantea tradicionalmente una estrategia didáctica centrada fundamentalmente en la exposición verbal por parte del profesor de los contenidos de la materia objeto de estudio. Dicha estrategia es uno de los principales medios didácticos con los que cuenta el profesor universitario para motivar, incentivar al alumno y transmitirle, de forma ordenada y sistemática, los conocimientos de una disciplina. Sin embargo, recibe críticas que van dirigidas no tanto al contenido como a la metodología pedagógica, la cual resulta excesivamente pasiva. Es preciso, a través de experiencias como la aquí propuesta, desarrollar clases más interactivas y participativas en la que el profesor no tenga el protagonismo absoluto. En cualquier caso, siguen siendo imprescindibles, y son muy adecuadas para grupos numerosos, aunque no favorecen el aprendizaje autónomo.

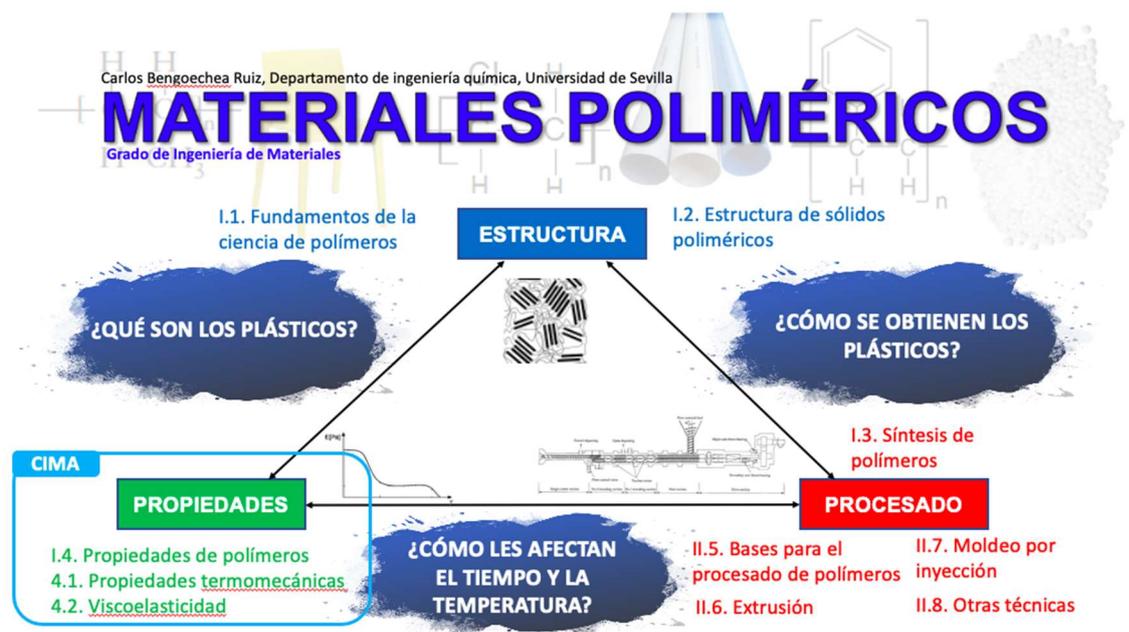


Figura 1. Contenido teórico de la asignatura Materiales Poliméricos en base a la interrelación estructura-propiedades-procesado

El mapa de contenidos del CIMA aplicado en esta experiencia se recoge en la Figura 2. Conviene recordar que un mapa de contenidos permite visualizar las relaciones entre los diferentes temas en que se organiza el conocimiento. Básicamente, está compuesto por conceptos conectados entre sí por líneas (o flechas) que están etiquetadas con la relación entre los conceptos, que suelen encontrarse dentro de círculos o cajas. Los mapas conceptuales son una técnica de aprendizaje activo interdisciplinario que ayuda a los estudiantes a gestionar conceptos en subconceptos, sintetizar información, ver un panorama más amplio y desarrollar habilidades y estrategias de pensamiento de orden superior. El mapa de contenidos se puede utilizar como tarea previa a la clase o tema, o como una forma de resumir la información al final de la misma clase o proyecto. En lugar de leer las explicaciones de los estudiantes, los mapas de conceptos brindan una manera de ver rápidamente el proceso de pensamiento de los estudiantes y la comprensión de los conceptos (Tomaswick y Marcinkiewicz, 2018).

El tema en el que se aplica el CIMA está dividido en dos partes claramente diferenciadas: por una parte, *las propiedades termomecánicas* y, por otra parte, *las propiedades viscoelásticas*. En la primera parte, se dedica buena parte del tiempo a describir cómo la estructura de diferentes morfologías de polímeros afecta a los resultados esperables en un ensayo de tracción. En este tipo de ensayo se aplica una velocidad de deformación unidireccional constante hasta rotura, obteniéndose diferentes propiedades mecánicas relacionadas con la rigidez o deformabilidad del material. De esta forma, se relacionan contenidos previos aparecidos en temas anteriores (Tema 2. Estructura de polímeros) con las propiedades de la que son objeto el tema a desarrollar. Además, dentro de esta primera parte, se tratan otros ensayos como la aplicación de cargas cíclicas (fatiga), instantáneas (impacto), o deformación localizada (dureza). En la segunda parte del tema se introduce al alumno en una parte de la física de vital importancia en la industria de polímero, como es *la reología*. La reología es la ciencia que estudia la deformación y flujo de los cuerpos, centrándose en el estudio del comportamiento viscoelástico (Barnes, 2000). Así, se estudian tanto ensayos de larga duración, entre los que destaca la fluencia, es decir, la observación de la evolución de la deformación de un material sometido a esfuerzo constante, como ensayos de corta duración, como son los ensayos dinámicos o de flujo, a los que se aplicarán

diversos modelos analíticos. Tanto para las propiedades termomecánicas como para las viscoelásticas se evaluarán los efectos del tiempo y la temperatura.

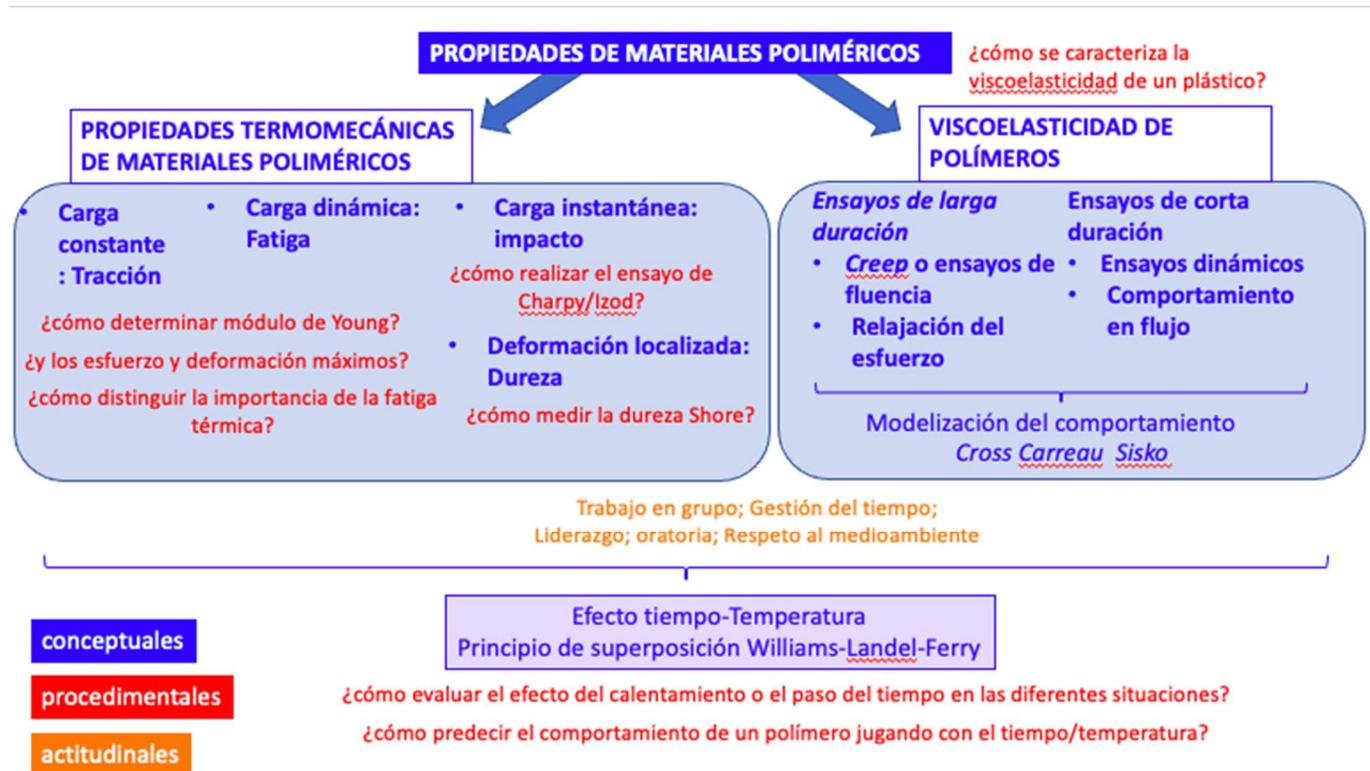


Figura 2. Mapa de contenidos del Tema 4 sobre Propiedades de materiales poliméricos La tipología de los contenidos viene diferenciada por el color, tal y como se indica en la leyenda.

Dentro del tema propuesto, se plantean dos problemas para la aplicación del CIMA:

- Visionado de video donde se aplica ensayo de tracción a probeta de material plástico: interpretación de norma internacional y determinación de propiedades mecánicas.
- Interpretación de la evolución del módulo de relajación con la temperatura para diferentes tipos de polímeros: termoestable, cristalino, elastomérico.

El análisis de las respuestas antes y después del desarrollo del tema permitirá ver los avances en la *escalera del aprendizaje*. Teniendo en cuenta elementos de modelos metodológicos previos (Porlán, 2019), el *modelo metodológico* propuesto para llevar a cabo durante el desarrollo de este CIMA aparece recogido en el esquema que aparece en la Figura 3 y consta de la secuencia Problema (P)-Ideas de los alumnos (IA)-Actividad de Contraste (AC)-Teoría (T). Dicho modelo se aplicará a los 2 problemas planteados.

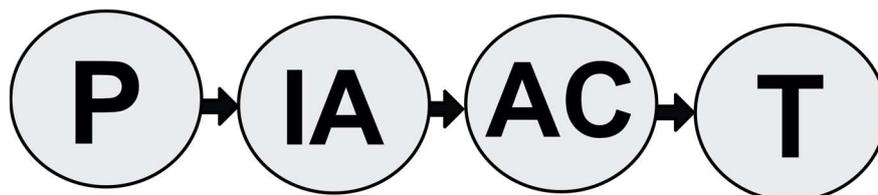


Figura 3. Modelo metodológico propuesto

Cuando se llega al tema 4 de la asignatura, muchos alumnos han realizado ya las prácticas de laboratorio y/o los seminarios de problema de la asignatura. Tanto en las prácticas como en los seminarios se trabajan los conceptos que se desarrollarán en el contenido teórico impartido en el aula. La aplicación del CIMA se ha centrado en un primer lugar en repasar los aspectos técnicos del ensayo de tracción, mediante el cual se obtienen propiedades clave para la caracterización de un polímero las cuales son usadas a menudo como parámetros en el control de calidad. A continuación, se procede al análisis de los posibles resultados de dicho ensayo, y, finalmente, se centra en la evaluación de la evolución con la temperatura de las propiedades viscoelásticas de polímeros diferentes en función de varios conceptos ya discutidos en temas anteriores como: termoplástico, termoestable, entrecruzamiento, interacciones secundarias. Para ello, he aplicado el modelo metodológico descrito en el diagrama de flujo superior y cuya secuencia se justificará a continuación.

La secuencia detallada y temporalizada de las actividades, incluyendo los recursos, aparecen en la tabla 2 para los problemas 1 y 2 propuestos en la metodología seguida.

Tabla 2. Propuesta de problemas 1 y 2 dentro del CIMA

Actividad	Nombre	Tiempo previsto	Recursos
P	Ensayo de tracción (P1) /Módulo de relajación (P2)	60 min	Visionado de video (P1) /Lectura artículo (P2)
IA	Ideas de los alumnos	30	Dialogo con alumnado.
AC	Análisis crítico de utilidad de propiedades mecánicas	30 min	Diálogo con alumnado.
T	Explicación científica de los conceptos	120 min	Diapositivas. Pizarra.

Tal y como se observa en las tablas anteriores, el CIMA propuesto se ha desarrollado en varios días en los que además se han trabajado otros conceptos de la asignatura. Centrándome en el CIMA en cuestión, se detalla la dinámica de las sesiones. Se describirá el problema 1 en los apartados a) y el problema 2 en los b).

- *Problema, P*

- a) Al visionado de un video en el que se realiza un ensayo de tracción a un polímero sintético y otro natural. Se les pregunta cómo realizaron el ensayo en las prácticas de la asignatura y si encuentran alguna diferencia con lo observado en el video. Además, se les pide que indiquen cómo determinar las propiedades mecánicas características, algo que deben conocer tras la realización de las prácticas.
- b) Una lectura sobre el efecto de diferentes características estructurales sobre la evolución del módulo de relajación con la temperatura.

- *Ideas de los alumnos, IA*

- a) y b) Preguntas al alumnado sobre el video y el artículo leído para captar el grado de entendimiento de los mismos. Para ello, en el aula se forman varios grupos de 4-5 alumnos y se les ofrece un papel para que, en base a los conocimientos adquiridos en temas anteriores, razonen cuál puede ser la respuesta esperada en el ensayo de tracción y la evolución con la temperatura del módulo de relajación para diferentes tipos de polímeros. Al final se mantendrá un diálogo con ellos.

- *Actividad de contraste, AC*
 - a) y b) Se les recordará conceptos previos para que analicen de manera crítica las respuestas dadas a las preguntas anteriores (IA).
- *Teoría, T*
 - a) y b) Se explica de manera clara con la ayuda de diapositivas y la pizarra los contenidos pertinentes.

Antes del comienzo del tema 4, se propondrá al alumnado un cuestionario inicial, para discernir las ideas previas que posee sobre algunos aspectos del tema en cuestión. En general, las ideas previas se han designado también con otros términos diferentes como: nociones, concepciones alternativas, creencias de los alumnos, conceptos erróneos, fallos de comprensión, errores conceptuales, preconcepciones, modelos personales de la realidad, etc. (Garritz y Trinidad Velasco, 2018). En el *cuestionario inicial* planteado en este caso concreto se le pide al alumno que se sitúe como trabajador en una industria que procesa polímeros, y entonces se le proponen las siguientes cuestiones:

- *Pregunta 1. Si calientas un polímero*
 - a) *¿Se te ocurre algún caso en el que se vuelva más rígido?*
 - b) *¿se te ocurre algún caso en el que se vuelva menos rígido?*
- *Pregunta 2. Si después de calentarlo, lo enfrías, ¿piensas que puede volver a ser igual de rígido que antes? ¿por qué?*
- *Pregunta 3. Si lo calientas y lo mantienes a una temperatura, ¿qué piensas que ocurriría con su rigidez conforme pase el tiempo?*
- *Pregunta 4. En todos los casos anteriores, si sustituimos la palabra rígido por duro, ¿piensas que cambiaría algo? ¿es lo mismo?*

Dicho cuestionario será también usado al final como herramienta de evaluación.

Aplicación del CIMA

Siguiendo la metodología didáctica propuesta (problema-ideas de los alumnos-actividad de contraste-teoría), el ciclo de mejora comenzó con la propuesta de lectura de un artículo o visionado de un video, directamente relacionados con el contenido a desarrollar en clase.

- El artículo a leer ha sido *Medidas de la temperatura de transición vítrea por análisis dinámico mecánico y reología*, el cual tiene la estructura de un artículo científico (resumen, palabras clave, antecedentes, resultados/discusión, conclusión, referencias bibliográficas), de la que hemos hablado en clase y que se ha pedido que sigan en la escritura del informe de prácticas de la asignatura. No obstante, dicho artículo no es un artículo de investigación propiamente dicho, sino un trabajo divulgativo a cargo de una reconocida compañía que desarrolla y comercializa equipos de caracterización de materiales y que explica de manera aplicada conceptos como: temperatura de transición vítrea, cristalinidad, entrecruzamiento.
- El video a ver ha sido *Entendiendo el módulo de Young*, de *The efficient engineer*, que desarrollan videos explicativos con el fin de simplificar conceptos ingenieriles de forma que sean fáciles de seguir. En este caso, se explica cómo se realiza un ensayo de tracción en probetas de materiales poliméricos, indicando los cambios estructurales que tienen lugar, y las propiedades mecánicas que se pueden determinar a partir del mismo.

En este curso, se tomó la decisión de que tanto la lectura como el vídeo se trabajaran por los estudiantes fuera de clase, informando de la necesidad de leer o ver los trabajos antes de un día concreto. Ello se hizo tanto en el aula durante el desarrollo del tema anterior al que se trabaja en el CIMA y con un anuncio en la plataforma de enseñanza virtual de la asignatura.

El día que se indicó se comenzó la sesión preguntando en clase quiénes de ellos habían leído el trabajo y/o visionado el video. Mientras que una gran mayoría había visto el vídeo, sólo un 20 % de los alumnos presentes en el aula había leído el artículo. A continuación, con idea de saber hasta qué grado han alcanzado una buena comprensión de los contenidos, se dibujó en la pizarra:

- Una curva esfuerzo-deformación, típica de un material termoplástico, similar a la que han podido obtener en las prácticas de la asignatura, y como la descrita en el video que se propuso. Dicha curva se usa de base para plantear 4 preguntas:
 - a) ¿cuál será la respuesta de un material termoestable?
 - b) ¿cuál será la respuesta de un material semicristalino?
 - c) ¿cuál será la respuesta si el ensayo se realiza a una velocidad superior?
 - d) ¿cuál será la respuesta si el ensayo se realiza a una menor temperatura?
- Una curva módulo de relajación-temperatura genérica para material termoplástico, que se ha comentado previamente en clase y que se analiza en el artículo. El gráfico propuesto se usa de punto de partida para plantear 3 preguntas:
 - a) ¿qué ocurre si se analiza la respuesta de un material termoestable?
 - b) ¿y si el material es semicristalino?
 - c) ¿qué ocurre si el ensayo se realiza a una mayor frecuencia?

Una vez se propone las preguntas correspondientes, se les pide que formen grupos de 4-5 personas y discutan sobre las preguntas planteadas, para después de 20 minutos, pedirles que comenten sus propuestas a las preguntas. Durante el tiempo de respuestas, se dibuja en la pizarra las propuestas para cada pregunta, analizando las respuestas dadas, y preguntando al resto de alumnos si coinciden con la respuesta que han propuesto algunos de sus compañeros. En caso de que alguna de las respuestas sea errónea, se pregunta al resto igualmente, y se analiza por qué esa respuesta no es la correcta.

Finalmente, en clases posteriores se desarrollan los contenidos teóricos que justifican las respuestas dadas a las preguntas propuestas, basándose en contenidos previos relacionados con la estructura de polímeros, y extendiendo la discusión con ejemplos relacionados, y manteniendo las preguntas al alumnado durante el desarrollo teórico.

Tras llevar a cabo el CIMA, se pueden llegar a las siguientes conclusiones:

- En general, los estudiantes prefieren ver un video que leer un artículo. El artículo no era demasiado extenso (constaba de 5 páginas), aunque sí era considerado así por la mayoría de alumnos, que no lo llegaron a leerlo. Previamente en clase se había indicado que, en caso de que no fuera posible la lectura completa, al menos convendría leer las 2 primeras páginas. El video seleccionado tiene una duración de 6 minutos 41 segundos, inferior a la necesaria para leer el artículo. En próximos ciclos de mejora se pueden buscar textos alejados de la estructura de artículo científico que pudieran resultar más atractivos a la mayor parte de los alumnos, de forma que se proponga más de un artículo de los que se pudiera seleccionar libremente uno de ellos.
- Las preguntas de cada problema (video/artículo) fueron planteadas simultáneamente en la pizarra antes de formar los grupos, que se formaron sin moverse del puesto ocupado. Durante el debate entre ellos, se fue paseando por el aula para escuchar sus deliberaciones y resolver posibles dudas del planteamiento (sin entrar en explicación de conceptos). Las preguntas no eran preguntas abiertas, sino con una respuesta correcta. Muchos autores recomiendan el uso de sesiones basadas en preguntas abiertas, en las que los estudiantes reflexionan sobre diferentes soluciones posibles para llegar a una respuesta que tenga sentido para ellos, en lugar de seguir la serie de pasos prescritos por el docente para llegar a la respuesta correcta. El desarrollo de temas basados en la indagación se pueden estructurar bien desde una indagación guiada, con mayor dirección del profesor y solo cierta autodirección del alumno, hasta una indagación abierta, donde la responsabilidad

exclusiva de la resolución de problemas recae en el alumno (Inoue y Buczynski, 2010). En este caso, tras su realización, se piensa que la experiencia se hubiera visto enriquecida si las preguntas cerradas se hubieran agrupado en una sola abierta: *¿en qué casos se vería modificada la respuesta del material polimérico?*

- El grupo fue formado de manera natural, lo que plantea la posible ventaja de que ya tengan experiencia previa en un trabajo común lo que les ofrece a las personas más tímidas una mayor confianza para expresar sus argumentos libremente. No obstante, quizá sería beneficioso haber formado grupos de manera aleatoria entre todos los presentes en el aula, lo que además facilitaría probablemente la presencia de estudiantes de diferentes grados.
- Una vez se consumió el tiempo de deliberación, se preguntó en voz alta por las respuestas a las diferentes preguntas, siendo el docente el que dibuja sobre el gráfico inicial las desviaciones del comportamiento de referencia en cada respuesta. En cada caso, se pidieron los razonamientos que conducían a la respuesta ofrecida. Cuando algún grupo ofrecía una respuesta errónea, se preguntaba al resto de estudiantes si estaban de acuerdo o si proponían alguna alternativa. En todo caso, siempre hubo algún grupo que corrigió la respuesta errónea ofreciendo la correcta. Finalmente, se les indicó que las respuestas ofrecidas y que se habían dibujado en la pizarra finalmente eran correctas y próximas a la realidad. En este caso, se permitió responder libremente, resultando en que sólo participaron dos grupos en la propuesta de respuestas inicialmente. La mayor parte de las respuestas correctas las dio el mismo grupo, compuesto por estudiantes del mismo grado. En un caso concreto que otro grupo ofreció una respuesta con algún error, ese grupo explicó al resto el por qué de otra respuesta, en este caso correcta. Para las últimas respuestas, se pidió a esos dos grupos que esperaran a ver si el resto de grupos quería participar. En ese momento, otro grupo respondió correctamente a la pregunta en ese momento planteada.
- A partir de ese momento, siguieron sesiones teóricas con un desarrollo tipo de clase magistral, aunque siempre haciendo alusiones a las relaciones con los problemas planteados, y en momentos dados, preguntando sobre aspectos concretos de lo desarrollado, relacionados todos con las propiedades de sólidos poliméricos de las que versa el tema 4 de la asignatura.

Teniendo en cuenta las conclusiones arriba detalladas, se piensa que en próximos ciclos de mejora se deberían plantear actividades de partida más atractivas para la mayor parte de los estudiantes, bien videos divulgativos cuyo visionado les requiera menos tiempo, o bien textos relacionados con la materia, pero más alejados del entorno científico. Éste puede resultar atractivo para un grupo específico, pero no para la mayoría. Una solución sería utilizar noticias aparecidas en la prensa, donde se relacione un suceso con un fallo de un polímero (e.g., rotura por fragilidad) o comunicados de empresas del sector que comercialicen productos que típicamente atraigan a la juventud (e.g., zapatillas de deporte), y donde aparezcan materiales poliméricos como parte de los mismos. Este tipo de texto podría resultar más atractivo inicialmente, aunque debería ir acompañado de preguntas, por ejemplo, sobre posibles motivos del fallo o de la selección del material. No obstante, el texto divulgativo científico seguiría planteándose para aquellos que lo prefirieran, e indicando la mayor profundidad de los conceptos desarrollados en los mismos. En caso de que no hubiera participación importante en el visionado de video o lectura, se podría visualizar el video corto en el aula, antes de plantear las preguntas. Las preguntas planteadas podrían diseñarse para que fueran abiertas, lo cual puede requerir un trabajo previo que quizá consistiera en agrupamiento de preguntas, con posible dirección durante el trabajo en grupo en el aula. En principio, se intentaría minimizar dicha dirección, y puede que no todos los grupos la requirieran. En la parte de respuestas, se debería promover la participación de una mayor parte de estudiantes. Una posible alternativa es plantear un turno de respuestas, de forma que se comienza por el primer grupo que levanta la mano para responder, y se sigue en sentido horario o antihorario, para facilitar que aquellos grupos más tímidos o

inseguros planteen respuestas posibles. Finalmente, tras las sesiones teóricas, se plantea la posibilidad para futuros ciclos de mejora de volver a recordar las respuestas dadas, ahora tras la explicación más profunda de conceptos directamente relacionados con el problema en cuestión.

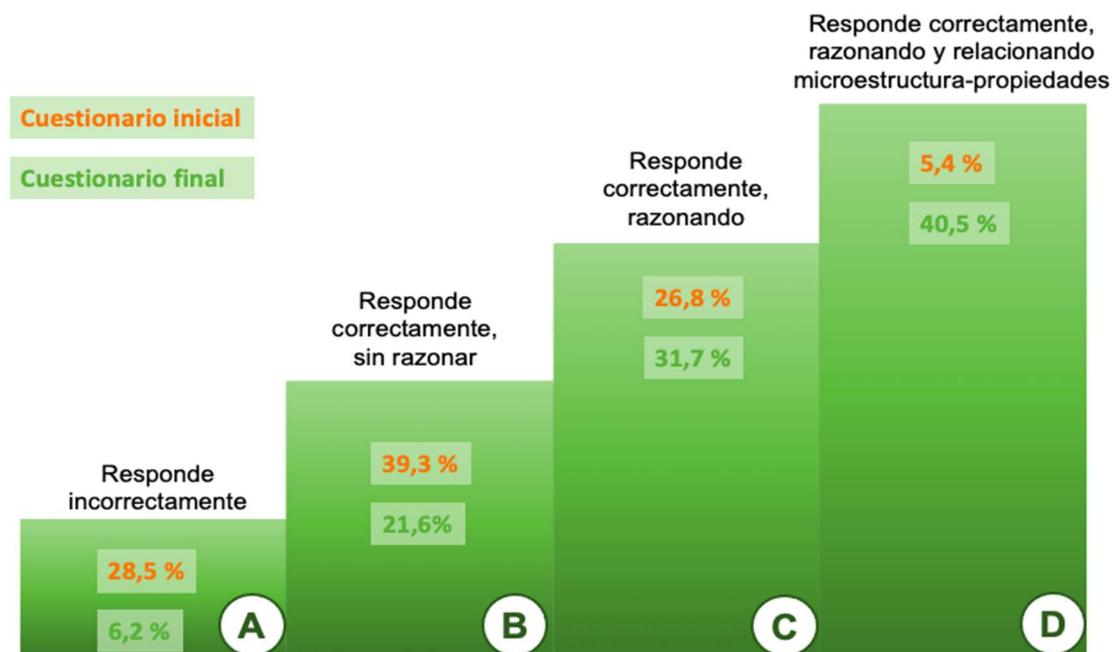
Evaluación del CIMA

Se han usado escaleras de aprendizaje con el cuestionario inicial-final como base para su construcción al inicio y al fin de la aplicación del CIMA.

A continuación, se dibuja la escalera de aprendizaje a partir del cuestionario inicial para una muestra, indicando el porcentaje de alumnos que se encuentra en cada nivel de la escalera tras la aplicación del CIMA (verde), comparados con el porcentaje que había en cada nivel antes del CIMA (rojo).

Los niveles definidos son:

- *Modelo A*: Responde incorrectamente.
- *Modelo B*: Responde correctamente, sabiendo la dependencia del módulo de relajación con la temperatura, pero sin dar ningún tipo de explicación, o teniendo concepciones erróneas.
- *Modelo C*: Responde correctamente, sabiendo la dependencia del módulo de relajación con la temperatura, distinguiendo entre termoestables y termoplásticos
- *Modelo D*: Responde correctamente, sabiendo la dependencia del módulo de relajación con la temperatura, distinguiendo entre termoestables y termoplásticos, explicando los cambios microestructurales que tienen lugar durante los cambios.



Fi-

gura 4. Escalera de aprendizaje del CIMA aplicado

Se comprueba la efectividad del CIMA en la adquisición de conocimiento, al aumentar el porcentaje de alumnos que han subido en la escalera de aprendizaje.

Conclusiones

A lo largo de las reflexiones realizadas en las sesiones y durante la aplicación de los ciclos de mejora, tengo la certeza de que el aprendizaje se ve enriquecido con actividades que fomentan la interacción con el alumnado. La experiencia concreta del programa se ha realizado en una asignatura en la que se imparte contenido teórico de una materia científica-técnica con contenidos multidisciplinares (química, física, matemáticas, etc.). Este tipo de docencia puede requerir más esfuerzo por parte del docente a la hora de diseñar actividades que enriquezcan una clase tradicional, comúnmente denominada clase magistral, fomentando la participación del alumnado. La aplicación del CIMA realizado ha favorecido de manera efectiva el proceso de aprendizaje, al tiempo que ofrece herramientas al docente para analizarlo.

La asignatura a la que se ha aplicado los conocimientos del programa ha sido Materiales Poliméricos, en concreto al contenido teórico del tema 4, siendo una asignatura que consta de 8 temas repartidos en dos bloques. Para este tema se desarrolló el mapa de contenidos que se señaló en la Figura 2. El contenido de este tema tiene aspectos en común con otras asignaturas de los grados a los que se imparte: ensayos de tracción o de fatiga, por ejemplo, también se explican en asignaturas como Materiales metálicos. Ello permite centrarse en los aspectos característicos de los polímeros, principalmente en el efecto que la velocidad y la temperatura a la que se realizan los ensayos tiene sobre la respuesta obtenida. En el caso de la velocidad se relaciona inversamente con el tiempo. El efecto del tiempo y la temperatura sobre las propiedades de los polímeros es mucho mayor que en cualquier otra familia de materiales y centra buena parte del contenido teórico de este tema 4. El nivel de profundidad no es excesivo, intentándose que el alumno adquiera una visión global de los contenidos que les permita relacionar conceptos. No obstante, a través de la plataforma virtual de la asignatura sí se suministra información adicional de mayor profundidad, haciendo hincapié en la posibilidad de usar las tutorías para profundizar sobre determinados conocimientos.

El modelo metodológico usado en cursos anteriores ha sido típicamente la clase magistral (una gran T de teoría, con alguna actividad de contraste, AC, breve), con uso amplio de ejemplos prácticos que acerquen el contenido teórico al alumnado. Gracias a la experiencia en el programa FIDOP se ha modificado dicho modelo, introduciendo problemas, análisis de ideas de los alumnos y actividades de contraste.

Las actividades propuestas han sido lectura de artículo divulgativo y visionado de video relacionado con la teoría a desarrollar. La secuencia de actividades siguiendo el modelo metodológico ha resultado útil, aunque es necesario que en futuras experiencias los cuestionarios inicial y final se espacien en el tiempo para no desmotivar al alumnado. Se ha de indicar que el cuestionario se planteó de manera virtual, lo cual puede dificultar su realización. En un futuro se podría usar el cuestionario final en el aula como parte de la evaluación, de forma que se incentive su realización.

La evaluación se ha realizado durante la experiencia del programa a través de la comparativa de las escaleras de aprendizaje inicial y final, aunque no se usa dicha evaluación en la calificación del alumnado. Se ha planteado para un próximo curso usar el cuestionario final de un CIMA como parte de dicha calificación. La evaluación del contenido teórico en el presente curso se realizará a través de un examen escrito (90%). El 10% restante se evaluará a través de un video a desarrollar por cada alumno/a en el que elegirán un producto libremente que sea de plástico o contenga plástico y en 5 minutos máximo expondrán qué tipo de polímero predomina en el producto, qué propiedades tiene, y cómo se ha procesado. Este tipo de evaluación se ha planteado al margen del CIMA, aunque con la misma filosofía de hacer más participe al alumno en la adquisición de conocimiento.

Referencias bibliográficas

Barnes, H. A. (2000). *A Handbook of Elementary Rheology*. University of Wales, Institute of

Non-Newtonian Fluid Mechanics.

Delord, G.; Hamed, S.; Porlán, R. y De Alba, N. (2020). Los Ciclos de Mejora en el Aula. En N. De Alba y R. Porlán (Coords.), *Docentes universitarios. Una formación centrada en la práctica* (pp. 128-162). Ediciones Morata.

Garriz, A., y Trinidad Velasco, R. (2018). Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia. *Educación Química*, 14(2), 72. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2003.2.66255>

Inoue, N., y Buczynski, S. (2010). You Asked Open-ended Questions, Now What? Understanding the Nature of Stumbling Blocks in Teaching Inquiry Lessons. *Mathematics Educator*, 20(2), 10–23.

Porlán, R. (2019). *Enseñanza universitaria. Cómo mejorarla*. Ediciones Morata.

Tomaswick, L. y Marcinkiewicz, J. (2018). *Active Learning – Concept Maps*. Kent State University Center for Teaching and Learning.