

Determinación de diagramas de fases a partir de las curvas de energía libre-composición

Determination of phase diagrams from free energy-composition curves

FÁTIMA TERNERO FERNÁNDEZ

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9818-1473>

Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte.

Universidad de Sevilla.

fternero@us.es

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/9788447231003.095>

Pp.: 2055-2078



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

Contexto de la intervención

La asignatura de Diagramas y Transformación de Fases (DTF) se imparte en el segundo curso del Grado en Ingeniería de Materiales y en el Doble Grado en Ingeniería de Materiales y Química, en la Facultad de Física de la Universidad de Sevilla.

Es una asignatura con un número aproximado de matriculados entre 80-90 alumnos. Solo hay un grupo de teoría en el que asisten los alumnos del Grado y del Doble Grado. Todos los alumnos tienen el mismo material didáctico, por tanto, el examen es común para ambos grados, dividiéndose éste en dos partes: una de teoría de tipo test y otra constituida por problemas.

La asignatura está estructurada en dos bloques: Diagramas de fases y Transformación de Fases. Estos bloques son bien diferenciados para que los alumnos sean capaces de entender los motivos del estudio de la asignatura, aunque están íntimamente relacionados.

La innovación docente se centra en el bloque II, transformaciones de fases, ya que es una parte esencial de la asignatura y en la que he observado mayor grado de absentismo entre los estudiantes y una mayor dificultad para comprender los conceptos y la interrelación con el otro bloque, diagramas de fases. Por ello, es interesante llevar a cabo esta innovación docente para que el alumno sea capaz de interrelacionar conceptos dentro de la propia asignatura y sacar las conclusiones necesarias, uno de los objetivos de la asignatura.

Los estudiantes comparten el mismo material didáctico que se encuentra en la plataforma de enseñanza virtual de la Universidad de Sevilla, a la que tienen acceso desde el comienzo del curso. El material de la plataforma

contiene las diapositivas de cada uno de los temas que se imparten en la asignatura, incorporando contenidos de teoría, problemas y preguntas test.

En este curso académico y debido a las condiciones sanitarias, hemos impartido una parte de las sesiones en lo que se conoce como escenario bimodal, en este escenario hay alumnos en el aula y en *streaming* desde sus casas. Pero debido al avance de la pandemia, actualmente nos encontramos ante un escenario totalmente telemático, por lo que el ciclo de mejora se llevará a cabo de manera telemática.

Además del reto que supone esta innovación docente, es un reto adicional aplicar esta innovación en el momento actual que nos encontramos.

La innovación está diseñada para llevarla a cabo en el aula pero puede llevarse a cabo en cualquiera de los escenarios posibles (presencial, bimodal o telemático), siendo todo un reto como docente llevarlo a cabo sin que los alumnos pierdan el interés, pero hoy en día tenemos muchos recursos digitales para trabajar con los alumnos de manera no presencial como foros, plataformas virtuales, cuestionarios, *tablets* digitales en las que el alumno puede estar viendo lo que el docente explica como si fuera una pizarra, etc.

Independientemente de la situación en la que nos encontremos, trabajaremos la innovación tal y como desarrollaremos en la sección de secuencias de actividades. Debido a las circunstancias sanitarias en las que nos encontramos, emplearemos recursos digitales tales como: *tablets* digital, plataforma virtual de la US, cuestionarios *on line*, etc. Además, hay que destacar que los alumnos trabajaran de manera individual.

Ciclos de Mejora en el Aula (2020). Experiencias de Innovación Docente de la US



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

Experiencia docente previa al desarrollo del ciclo de mejora

El curso académico 2019-2020 fue el primer curso que impartí la asignatura de DTF. Fue un reto para mí dar una asignatura teórica y además con un gran número de alumnos. Al comienzo del curso, de los 85 matriculados que había en mi grupo sólo asistían a clase aproximadamente 50. Este número de alumnos fue disminuyendo progresivamente hasta quedarme en clase aproximadamente, en el mes de noviembre, con unos 25 alumnos. Estos asistieron a clase hasta el final del cuatrimestre. Esta realidad me hizo reflexionar y plantearme las siguientes preguntas: ¿qué es lo que provoca que un alumno deje de asistir a clase? ¿por qué los alumnos están desmotivados? ¿Desde mi función de docente podría llevar a cabo algún método o acción para motivarlos y facilitarles el estudio de la asignatura?

Observo también, que los estudiantes tienen diferente grado de aprendizaje por lo que la acción docente debe de ser adaptada.

Objetivos que quiero alcanzar en el curso 2020-2021

- Que los alumnos sepan dibujar, comprender y responder a cuestiones relacionadas con los diagramas de fase en equilibrio a partir de las curvas de variación de energía libre-composición.
- Ayudar a los estudiantes realizando ejercicios prácticos que propicien la participación de estos en clase y que refuercen el estudio de los distintos tipos de diagramas de fases básicos, teniendo especial atención a la relación que existe entre las transformaciones de fase que se llevan a cabo en los sistemas y el trazado de los diagramas de equilibrio.



- Mejorar la asistencia a clase, disminuyendo el absentismo.
- Fomentar el entusiasmo, la creatividad y la curiosidad de los estudiantes, propiciando una docencia atractiva y dinámica.

Descripción de las clases habituales

La dinámica que se sigue en clase es esencialmente la explicación mediante el uso del PowerPoint de las presentaciones de cada uno de los temas.

Al inicio de cada tema se explican los objetivos que el alumno debe de alcanzar una vez concluido su estudio.

Se explican los conceptos básicos imprescindibles para poder realizar los ejercicios. La resolución de problemas se lleva a cabo apartado a apartado; dado que si se intenta explicar todo de una vez, los alumnos suelen perderse durante la explicación.

Principios didácticos

Los principios didácticos de la innovación docente se fundamentan en las cualidades que deseo que obtengan los estudiantes del GIM y DGIMQ:

1. Capacidad de aprendizaje, de análisis, de síntesis, de visión global y de aplicación de los conocimientos a la práctica.
2. Capacidad de reflexión crítica sobre cuestiones científicas implicadas en el ejercicio profesional de la Ingeniería.
3. Capacidad para participar de forma efectiva en grupos de trabajo unidisciplinares y multidisciplinarios.

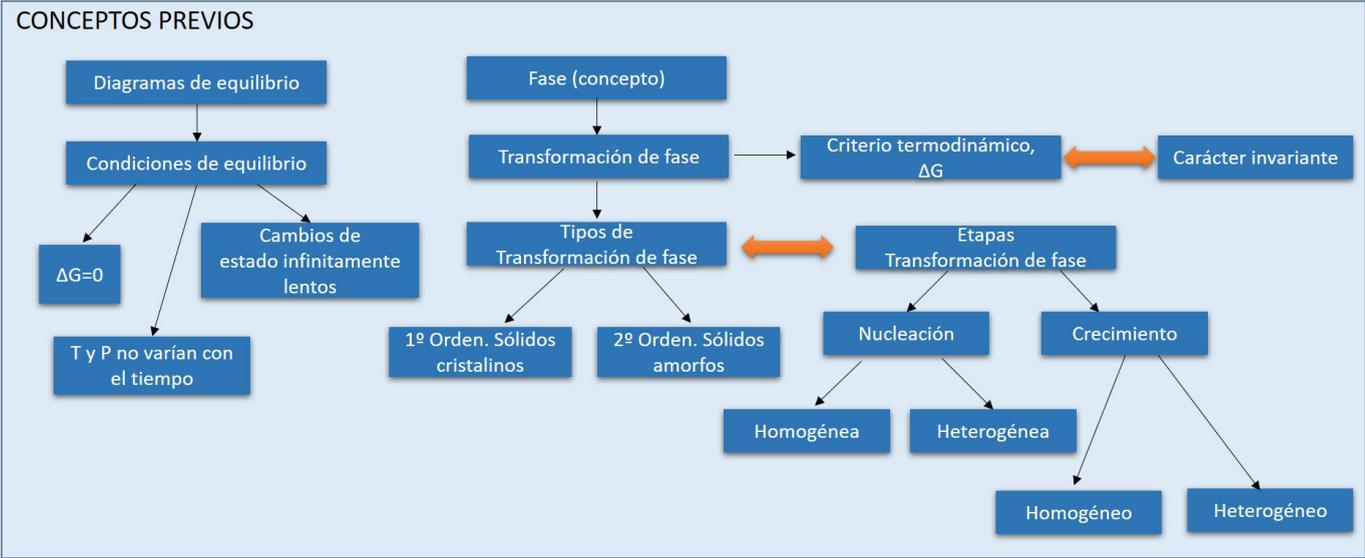


4. Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.
5. Capacidad de utilizar los principios del pensamiento científico de forma clara y crítica, resolviendo problemas y tomando decisiones en la práctica e investigación diaria.
6. Capacidad de búsqueda, uso e integración de información, incluyendo el conocimiento de las nuevas tecnologías de información.
7. Espíritu emprendedor, capacidad de formular, diseñar y gestionar proyectos, de asimilar nuevos conocimientos y de asumir nuevos retos.

Considerando esencial para la activación de sus conocimientos la realización de preguntas clave durante la resolución de los problemas (Bain, 2007), relacionando los conceptos estudiados en clase con la resolución y respuesta a las cuestiones de diagramas de fases a fin de hacerlos más intuitivos, activando la curiosidad de los estudiantes por profundizar en su aprendizaje y por resolver problemas de mayor complejidad.

Mapa de contenidos y preguntas claves

Los contenidos de la innovación docente están vinculados al tema de *Computación de Diagramas de Fases en equilibrio* que se encuentra dentro del bloque de *Transformaciones de Fase*. En la figura 1 quedan esquematizados los contenidos trabajados.



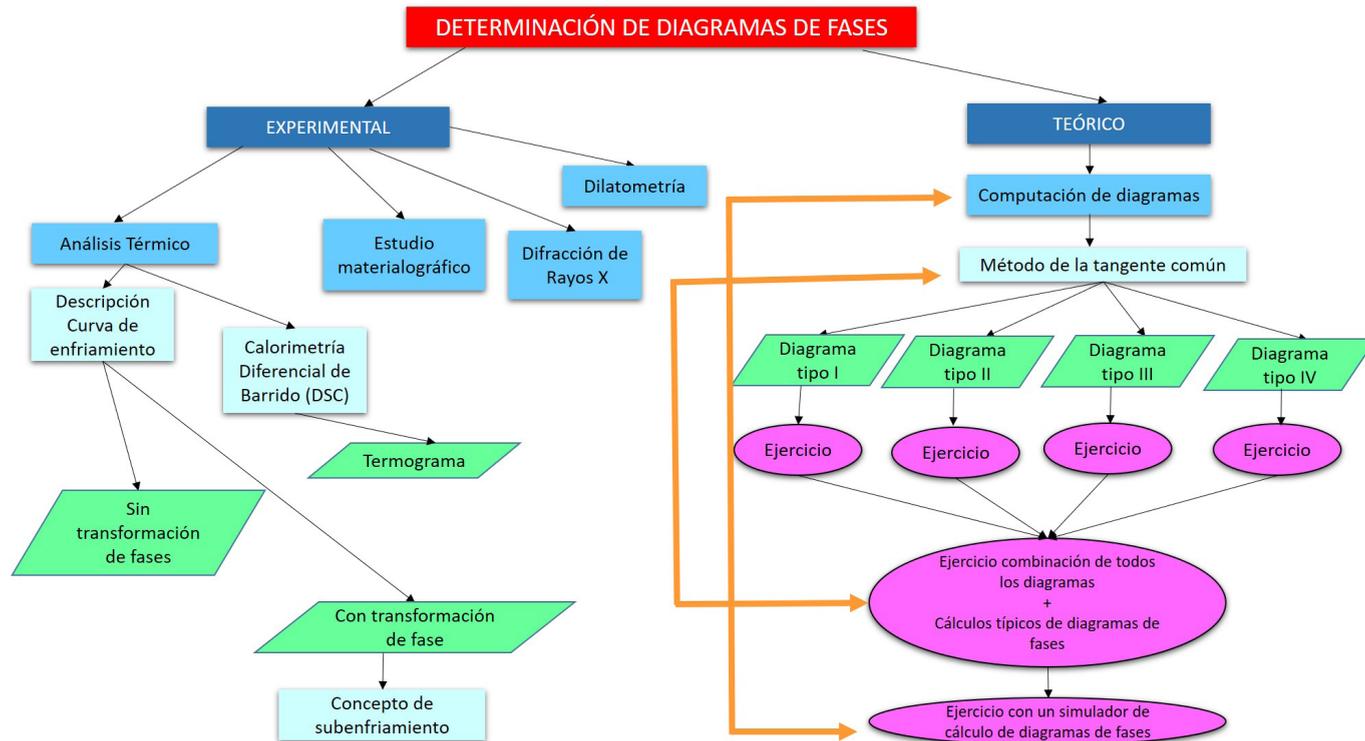


Figura 1. Contenidos: Diagramas de fases en equilibrio

En la leyenda de la Figura 1, se pueden apreciar con distintas formas y colores las preguntas, conceptos, procedimientos, ejemplos que forman parte del mapa conceptual. Además, se emplean de flechas de doble sentido para relacionar las distintas partes del mapa conceptual.

La dificultad observada de los conceptos propicia que de iniciar el tema deben ser introducidos algunos conceptos previos (enmarcados con un cuadrado celeste en la figura 1), para posteriormente centrarnos en los conceptos que pertenecen al tema a tratar y que en el mapa aparece con el nombre de determinación de diagramas de fases.

El desarrollo del ciclo se realiza en cinco sesiones (3 sesiones de una hora y 2 sesiones de hora y media).

Los contenidos expresados en la figura 1 tienen su correlación con las preguntas que forman parte del cuestionario inicial y final que se entrega a los estudiantes, así como con las actividades desarrolladas durante el ciclo de mejora.

Preguntas del cuestionario inicial/final

Las preguntas son las siguientes:

1. ¿Qué son los diagramas fases en equilibrio?
2. Los diagramas de fases, ¿en qué condiciones están trazados?
3. ¿Qué condiciones caracterizan al equilibrio termodinámico?
4. ¿Sabrías explicar lo que es el equilibrio metaestable?
5. ¿Qué es una fase?
6. ¿En qué consiste una transformación de fase?
7. Tipos de transformaciones de fases



8. ¿Para que haya una transformación de fases se requiere alguna condición termodinámica?
9. ¿Sabrías definirme que es la energía libre en una transformación de fase?
10. ¿Podrías explicarme lo que es el carácter invariante de una transformación de fase?
11. ¿Podrías indicar las etapas de una transformación de fase para la transformación de líquido a sólido (solidificación)?
12. ¿La transformación de fase de la fusión implica el mismo mecanismo que el de la solidificación? Podrías explicar ambos.
13. ¿Por qué se estudian los diagramas de fases?
14. ¿Sabrías decirme como piensa que se trazan las líneas que aparecen en un diagrama de fases?
15. ¿Piensas que hay una única forma de determinar los diagramas de fase o por el contrario hoy en día existen diversas técnicas para ello?
16. ¿Piensa que un diagrama de fase se puede calcular teóricamente o por el contrario piensa que solo se puede hacer experimentalmente?
17. ¿Podrías dibujar una curva de enfriamiento sin transformación y con transformación de fases? (define los ejes).
18. ¿Qué es estrictamente necesario para que suceda en el enfriamiento cuando se da una transformación de fase?
19. ¿Si piensa que se puede calcular teóricamente en que concepto termodinámico estaría basado su cálculo?

Modelo metodológico ideal

La metodología seguida en las clases del curso pasado consistía en explicar la teoría y resolver los problemas mediante el uso del *Power Point*, esta metodología no funcionó de la manera deseable, por ello, para conseguir los objetivos señalados, mi innovación docente se fundamenta en:

1. La valoración de la participación y de la asistencia a clase.
2. La presentación con preguntas de motivación sobre la teoría, con el objetivo de que el alumnado se sienta partícipe y despierte su curiosidad por el tema abordado.
3. La presentación de la teoría mediante mapa conceptual en el que los alumnos pueden visualizar en un simple golpe de vista los conceptos y la relación entre ellos, proporcionándoles a los estudiantes mayor comprensión y facilidad en el estudio.
4. La resolución de los problemas mediante la participación de los alumnos en la resolución de los problemas.

La resolución de los problemas de trazado de los diagramas de fase se realizará a partir de las curvas de la variación de energía libre frente a la composición. La innovación didáctica introduce la novedad de «trazado del diagrama» a través de dichas curvas, además de utilizar un programa ya desarrollado por nuestro grupo de investigación en el que el alumno puede indicar los parámetros termodinámicos y obtener las curvas simuladas y posterior interpretación para construir el diagrama de fases de equilibrio que resulta de dichas transformaciones de fases. Además de todo ello, una vez trazado los diagramas de fases, al alumno se le realizarán preguntas características sobre dichos diagramas para intentar relacionar los conceptos ya vistos en el bloque I, Diagramas de Fases. Con

ello queremos conseguir que el alumno tenga un conocimiento total de la asignatura interrelacionado conceptos.

Este es el paso más importante de la innovación ya que se resolverán los problemas de una manera diferente a las clases habituales.

Modelo metodológico real

Para conseguir desarrollar capacidades descritas por el alumnado de la asignatura de DTF de los grados en GIM y DGIMQ, planteo el modelo metodológico esquematizado en la figura 2.



Figura 2. Modelo metodológico llevado a cabo en la innovación docente.

La resolución de problemas se llevará de manera individual. Una vez trabajado de manera individual será puesto en común y debatidos entre todas las posibles soluciones favoreciendo el intercambio de opiniones y el pensamiento crítico de los alumnos. Como las clases son totalmente telemáticas, la corrección es llevada a cabo por el docente en la *tablet* digitalizadora siempre con la intervención de los alumnos mediante el sonido, mediante chat y foro habilitado para ello.

Con este modelo metodológico pretendo:

1. Tener en cuenta las ideas de los alumnos y abrir debate en el aula sobre la solución correcta a las preguntas formuladas.
2. Crear debates formulando preguntas y, mediante razonamientos, intentar encontrar respuestas.
3. Favorecer en los alumnos razonamientos y reflexiones acerca del tema que estamos estudiando; para conducirles a un aprendizaje más profundo.
4. Facilitar que los alumnos interpreten y apliquen los conocimientos que se les exige en la asignatura.
5. Hacer a los alumnos preguntas adicionales para afianzar sus conocimientos.

Con objeto de obtener una mayor interacción con los estudiantes:

- En los últimos minutos de las sesiones se hace un repaso de los conceptos más importantes abordados.
- En la primera y última sesión se realiza un test inicial y final que forman parte del método de evaluación. La forma de proceder en estas sesiones dependerá nuevamente del escenario en el que nos encontremos:
- Debido a la modalidad telemática de impartición de las clases, se le suben a la enseñanza virtual el documento que tienen que rellenar y serán guardados en el centro de calificaciones de la enseñanza virtual, plataforma de la Universidad de Sevilla.

Estos cuestionarios iniciales y finales servirán al docente para evaluar el CIMA y la intervención propuesta.

Secuencia de actividades

El ciclo de mejora se desarrolla en tres sesiones de 90 minutos y dos sesiones de 60 min.

Tabla 1. Secuencias de actividades programadas de las cinco sesiones

1ª SESIÓN (90 min)		
TAREA	PARTE DE LA CLASE	TIEMPO
1	Test de Preguntas iniciales Cuestionario con las preguntas objetivo iniciales	30 min
2	Conceptos previos	60 min
	Preguntas P1-P4 del cuestionario Definición de diagrama de equilibrio y definir las distintas condiciones de equilibrio. <u>Actividades:</u> Preguntas iniciales + debate + exposición teórica	20 min
	Preguntas P5- P12 del cuestionario Concepto de fase, explicación de las transformaciones de fases, tipos y etapas de transformaciones de fases. Regla de las fases de Gibbs. <u>Actividades:</u> Preguntas + exposición teórica	40 min
2ª SESIÓN (60 min)		
TAREA	PARTE DE LA CLASE	TIEMPO
	Tema principal	60 min
3	Pregunta P13-14 del cuestionario Introducir la importancia del estudio de los diagramas de fase y el significado de las líneas que lo representan <u>Actividades:</u> Preguntas + exposición teórica	15 min



4	Pregunta P15-16 del cuestionario Se exponen los distintos métodos de determinación experimental de los diagramas de fases <u>Actividades:</u> Preguntas + exposición teórica	45 min
3ª SESIÓN (90 min)		
TAREA	PARTE DE LA CLASE	TIEMPO
5	Continuación de la sesión anterior: Determinación de diagramas de fase de forma experimental. Análisis crítico de las diferentes formas de determinación de los diagramas de fase de forma experimental <u>Actividades:</u> Pregunta + debate + análisis crítico	20 min
6	Nos centramos en el análisis térmico. Pregunta 17-18. Descripción de la curva de enfriamiento con y sin transformación de fases. Nos centramos en el concepto de subenfriamiento. <u>Actividades:</u> Pregunta/premisa + debate + análisis crítico + dibujo del diagrama de fases con y sin transformación de fase.	30 min
7	Determinación de diagramas de fase de forma teórica. Pregunta 19 Se estudia el método de la tangente común y comenzamos a hacer un ejercicio de diagramas tipo I <u>Actividades:</u> Pregunta + debate + exposición teórica + Realización de ejercicio.	40 min
4ª SESIÓN (60 min)		
TAREA	PARTE DE LA CLASE	TIEMPO
8	Ejercicio: Trazado del diagrama de fases tipo II a partir de las curvas de variación de energía libre - composición. <u>Actividades:</u> debate + análisis crítico + dibujo del diagrama de fases a partir de la curva de variación de energía libre-composición.	30 min



9	<p>Ejercicio: Trazado del diagrama de fases tipo III a partir de las curvas de variación de energía libre - composición.</p> <p>Actividades: debate + análisis crítico + dibujo del diagrama de fases a partir de la curva de variación de energía libre-composición.</p>	30 min
5ª SESIÓN (90 min)		
10	<p>Comprobación de la capacidad de aprendizaje de los alumnos</p> <p>Actividades: Ejercicio tipo examen con un diagrama combinación de todos los tipos + Pregunta + debate + análisis crítico + dibujo del diagrama de fases + capacidad de responder a las cuestiones planteadas en relación al diagrama de fases representado.</p>	60 min
11	Realización test final	30 min

Relato de la experiencia docente

Uno de los retos a los que me enfrentaba al aplicar el CIMA era la dificultad de aplicarlo de manera totalmente telemático, con lo que ello supone. Este es un ciclo de mejora muy aplicado ya que es necesario que los alumnos trabajen, además de con programas de computación, con el trazado a mano alzada de los diagramas de equilibrio a partir de las curvas de energía libre frente a composiciones dadas. Por ello, las sesiones de clases telemáticas muy interactivas las tutorías personalizadas virtuales por parte de los alumnos que la requirieron fueron muy importantes para evitar que el alumnado se dispersara.

La aplicación del CIMA ha seguido el diseño planteado inicialmente en la secuencia de actividades. Las sesiones han sido impartidas de manera telemática, mediante la herramienta *Blackboard Collaborate*, herramienta de la plataforma de la Enseñanza Virtual de la Universidad de Sevilla. Esta herramienta ha resultado ser de gran utilizad

para la impartición de este CIMA ya que nos permite poder compartir la información en tiempo real con los alumnos, además de poder compartir audio y video favoreciendo con ello la cercanía e interacción con los alumnos. Otra ventaja de usar esta herramienta es la facilidad que le supone tanto al alumno como al profesor llevar a cabo sesiones de tutorías a cualquier hora del día, favoreciendo con ello la participación de los alumnos en estas sesiones, probablemente por la comodidad, pero también porque algunos alumnos se sienten menos cohibidos ante este tipo de sesiones tutorizadas telemáticas.

Al inicio del ciclo de mejora, informé a los alumnos de que les iba a pasar una serie de preguntas para medir el grado de conocimiento que tenían sobre el tema a tratar, también le avancé que dichas preguntas las íbamos a repetir una vez finalizado el tema. Creo que el que los alumnos conozcan la forma en la que va a proceder el docente en sus clases es importante ya que ellos se sienten más seguros y pueden tener una visión más globalizada de la asignatura en general pero también de cada tema tratado.

Comencé introduciendo poco a poco el mapa conceptual mediante transparencias (*Power Point*) y fuimos desgranando las distintas partes del mapa conceptual y viendo las interrelaciones existentes entre las distintas partes. Con ello conseguí activar las distintas partes del mapa conceptual. Para ello fui lanzando preguntas que favorecían la participación entre los alumnos además de crear debates entre ellos. Hay que destacar que las preguntas lanzadas para activar las distintas partes del mapa conceptual son las mismas que la del test inicial y el que finalmente pasé, pienso que esto es bastante importante debido a que ayuda mucho al alumno a recapacitar sobre lo que respondió inicialmente, cómo se llega a resolver la cuestión y finalmente el alumno pone a prueba sus conocimientos contestando a las mismas cuestiones trabajadas y



que son preguntas claves para conocer los diferentes conceptos y contenidos del tema tratado. En la última sesión cuando descubrimos todo el mapa, los alumnos tenían claro lo que en esas cuatro sesiones se había explicado, además de ver las relaciones que existían entre las distintas partes del tema y el porqué del orden seguido para exponerlas. Como he reflejado anteriormente, la dinámica de las sesiones ha sido siempre la misma, formular preguntas para activar las distintas partes del tema, una explicación breve, concisa y clara de los conceptos y la realización de ejercicios de cada una de las partes del tema. Pienso que esta forma de trabajar esta parte de la asignatura les ha ayudado mejor a tener un conocimiento global e interrelaciones de los diferentes conceptos.

Durante la aplicación del CIMA, se crearon sesiones de tutorías personalizadas para aquellos alumnos que las pidieron y además se crearon entregas de actividades a través de la plataforma de la Universidad de Sevilla para favorecer la corrección de errores cometidos por parte de los alumnos en el trazado de los diagramas de equilibrio, favoreciendo con ello la comprensión y desarrollo de sus capacidades para el trazado de dichos diagramas de equilibrios a partir de las curvas de energía libre frente a composiciones.

Una vez terminado el ciclo, los alumnos contestaron al test final, que como he comentado anteriormente, era el mismo que el test inicial y que las preguntas trabajadas en las diferentes sesiones. La finalidad era comprobar, estudiar y analizar si los alumnos habían adquirido nuevos conocimientos y cuál había sido el grado de comprensión de los conocimientos.

La actitud mostrada por los alumnos ha sido muy positiva ya que ha habido una alta participación, dentro del número de alumnos que suele asistir a las sesiones, e interés



por parte de ellos. El interés estaba fomentado por la posibilidad de que este tipo de problemas de elevada complejidad pudiera ser preguntado en los exámenes, por lo que todo el trabajo realizados en este ciclo de mejora, se vería recompensado en sus calificaciones de la asignatura. Pienso que ha sido un reto tanto para los alumnos como para mí como profesora.

Evaluación del aprendizaje

Tanto el aprendizaje de los alumnos como la evaluación del propio CIMA se evaluó mediante la comparación de los resultados obtenidos en los cuestionarios iniciales y finales, ambos similares, creados para este CIMA. Este cuestionario, estaba diseñado para que los alumnos adquirieran los conocimientos de la asignatura y que solo pudiesen ser ejecutados adquiriendo las competencias de la asignatura.

Para la evaluación del aprendizaje se han utilizado los cuestionarios realizados por los alumnos previos a la impartición de este y tras su finalización. Tras el análisis de las respuestas de los alumnos, analicé si las respuestas eran correctas o no. Los resultados quedan recogidos en la Figura 3.

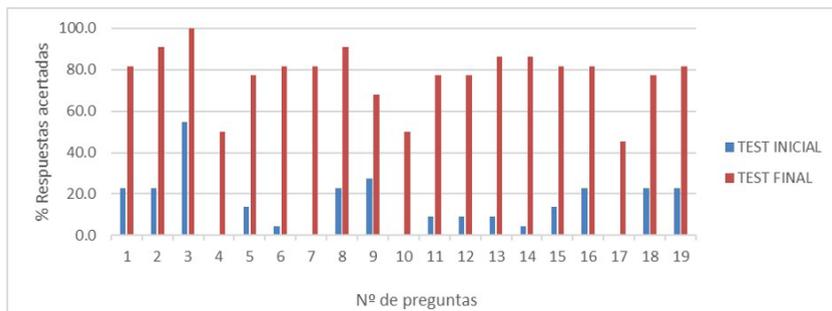


Figura 3. Evaluación de los contenidos antes y después de la aplicación del CIMA.



A la vista de los resultados, hemos conseguido, como se puede ver en la figura 3, que hay un aumento considerable del porcentaje de alumnos que contesta de manera adecuada a las preguntas del test en la fase final, tras haber aplicado el CIMA. Este elevado porcentaje con respecto a las preguntas contestadas inicialmente, en mi opinión, se debe a que los alumnos al encontrarse el 2º curso no tienen aún conocimiento, por otras asignaturas, de determinados temas tratados en esta asignatura y en concreto de los diagramas de fases. Pero como se puede apreciar, tras la impartición del CIMA, los alumnos contestan de manera adecuada a la mayoría de los conceptos básicos del tema estudiado. Otro aspecto a destacar es que las respuestas eran bastantes sencillas de responder, el problema venía de su desconocimiento del tema tratado, pero como se puede observar tras la explicación, debate y razonamiento de las respuestas, los alumnos son capaces de finalmente contestarlas de manera adecuada.

Se puede observar cómo en determinadas cuestiones por ejemplo en la cuestión número 1, al ser una definición y no una respuesta corta, había inicialmente alumnos que tenían conocimiento de ellas y tras la aplicación del ciclo de mejora, el porcentaje aumenta, pero no hasta niveles demasiados elevados debido a que hay alumnos que no responden de manera exacta a la definición. En cambio, para otro tipo de cuestiones, por ejemplo, la cuestión 3 en la que los alumnos tienen conocimientos previos de termodinámica son capaces de responder en un porcentaje de aproximadamente el 50% pero tras la aplicación del ciclo de mejora casi todos los alumnos son capaces de responder de manera adecuada.

Además, tras la aplicación del CIMA, aumenta:

- La capacidad de lógica y destreza en los alumnos ante la interpretación de dichas curvas, muchas veces tan abstractas para ellos.



- La capacidad para resolver problemas de una gran complejidad para los alumnos y que de otra manera no hubieran conseguido adquirir.
- La capacidad para debatir posibles soluciones entre alumnos y profesor y elección de la respuesta correcta en base a los conocimientos trabajados
- El conocimiento globalizado de la asignatura, muy importante para entender muchos conceptos e interrelaciones entre ellos.

Evaluación de la Práctica Docente y Propuestas de Mejora

Un aspecto importante, que ya lo había utilizado en otras innovaciones docentes, ha sido realizar cuestionarios previos de tipo test antes de la impartición del tema y tras su finalización. Esto ayuda a los docentes a plantear el esquema conceptual, haciendo un mayor énfasis allí donde nuestros alumnos lo requieran y ayudar, además, al afianzamiento del aprendizaje. Los cuestionarios deben de tener todo aquello que los alumnos deben aprender tras las sesiones. Son una herramienta excelente para obtener información acerca de la evolución del aprendizaje de los alumnos. El estudio de los test permite evaluar el aprendizaje de los alumnos, además de conocer si las sesiones impartidas por el docente están siendo efectivas.

En este CIMA he fomentado altamente la participación mediante sesiones de tutorías individualizadas, que ha favorecido aún más la comprensión de los conceptos y del trazado de los diagramas, consiguiendo con ello que los alumnos se sintieran más seguros a la hora de participa y debatir en las sesiones de clases. Además, el uso de programas informáticos para la resolución de los problemas ha favorecido el desarrollo en los alumnos para comprender los parámetros termodinámicos necesarios para el trazado de estos diagramas de equilibrio, muy importante para su desarrollo como futuros profesionales.

Ciclos de Mejora en el Aula (2020). Experiencias de Innovación Docente de la US



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

Como propuesta de mejora para futuras sesiones, me gustaría que estas sesiones se llevarse a cabo en el aula y de forma grupal, pequeños grupos formados cada por 3 ó 4 alumnos, pudiesen trabajar con el programa de computación de diagramas y que trabajasen manualmente en el trazado de dichos diagramas, favoreciendo con ello el intercambio de información entre ellos, tan enriquecedor. Además de hacer una puesta en común sobre las posibles soluciones del test de manera grupal, favoreciendo con ello el aprendizaje y activando la participación y el trabajo individual y colectivo. Además, me parece interesante que los alumnos comparen sus respuestas iniciales y finales, con ello favorecemos que los alumnos reflexionen sobre los cambios que se han producido en sus respuestas, esto les ayudará en su aprendizaje (esto no se llevó a cabo por falta de tiempo).

Conclusiones

Con la aplicación de este ciclo de mejora, según mi opinión y viendo los datos obtenidos por parte del análisis de los datos de los alumnos, ha sido productivo. Especialmente, la realización de mapas conceptuales (en los que se representan de forma global todos los contenidos referentes a un tema de forma organizada, distinguiéndose los conceptos, los procedimientos, ejemplos y aptitudes) ha resultado muy clarificadora. Estos mapas conceptuales te ayudan a organizar y ordenar la explicación de los contenidos del tema, dando prioridad a los conceptos más relevantes. Además, te ayudan a relacionar las distintas partes dentro del mapa conceptual, factor muy importante para que los alumnos intenten relacionar las distintas partes de un tema y su aprendizaje sea más productivo y duradero.

Se ha revelado como una herramienta de extraordinaria utilidad, los test inicial y final ya que tiene varios fines. Uno de ellos es que actúa de guía para el profesor. Otro de los fines es que los alumnos pueden comprobar cómo han mejorado su capacidad de responder a determinadas preguntas. Por último, y no menos importante, los



cuestionarios motivan al profesor ya que él puede ver si su trabajo ha sido fructífero.

Otro aspecto para destacar en este ciclo ha sido la formulación de cuestiones, iguales a las que ellos habían resuelto inicialmente, activando con ello la generación de debates entre alumnos y profesor y la oportunidad de que, mediante los razonamientos de los alumnos, se llegue a la respuesta correcta. Esto hace que los alumnos construyan sus conocimientos a partir del razonamiento, lo que asegura un aprendizaje más profundo y duradero, obteniendo, interpretando y aplicando los conocimientos que le exige la asignatura.

Otro factor que he visto muy productivo ha sido motivar al alumnado desde el principio de la clase comentándoles la valoración de la participación. Con ello he conseguido que el alumnado fuese más participativo. Esto también lo he conseguido formulando una serie de preguntas claves haciendo que el alumnado participase de forma activa en la clase.

Por último, no quería dejar de comentar que es importante introducir en las sesiones otros recursos, no solo el *PowerPoint* y las palabras del profesor, sino también el computador de diagramas, haciendo que los alumnos exploren y descubran en un escenario seguro y apropiado a su nivel, los conceptos y valores termodinámicos más importantes para el trazado de los diagramas de fases tan compleja para los alumnos y dependiente de un gran conocimiento de conceptos para lograr conseguirlos. Por tanto, la aplicación de este CIMA ha permitido al alumnado un apoyo eficaz en su aprendizaje.

En conclusión, considero que la estrategia diseñada ha funcionado, y por tanto la seguiré aplicando en mis futuras clases de la asignatura, pero mejorando determinados aspectos comentados previamente.



Palabras claves: Diagrama de fases, variación de energía libre, composición y equilibrio, grado ingeniería de materiales, docencia universitaria, experimentación docente universitaria.

Keywords: Phase diagram, free energy variation, composition and balance, materials engineering degree, university teaching, university teaching experimentation.

Bibliografía

Montes, J.M. (2014). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Madrid, España: Paraninfo.

Bain K. (2007). *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*. Valencia, España: PUV publicaciones.

