

Conocer las estructuras desde la realidad: una docencia orientada a la carrera profesional en las áreas técnicas

**A knowledge about structures
from a real point of view:
A teaching oriented to
the professional activity
in technical areas**

BEATRIZ HORTIGÓN FUENTES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3362-3648>

Universidad de Sevilla

*Departamento de Mecánica de Medios Continuos
y Teoría de Estructuras*

bhortigon@us.es,

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/9788447231003.130>

Pp.: 2858-2874



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

Introducción. Contexto del CIMA

El diseño de este CIMA corresponde a la asignatura “Resistencia de Materiales. Estructuras” perteneciente al 2º y 3º curso del Grado en Ingeniería Mecánica y Doble Grado en Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial respectivamente, impartidos en la Escuela Politécnica Superior (EPS). La asignatura se imparte durante el primer cuatrimestre del curso y consta de 60 créditos ECTS, 57 de ellos correspondientes a clases teórico-prácticas (teoría y problemas) y 30 a prácticas de laboratorio. Los 57 créditos ECTS se reparten en 4 horas semanales de clase, de dos horas de duración cada una de ellas. El número medio de estudiantes por curso ronda los 175 alumnos, repartidos de manera proporcional de dos grupos.

Tradicionalmente, la metodología docente de la asignatura ha estado basada en la impartición de clases magistrales y una evaluación mediante un único examen final. Dentro del curso de iniciación de FIDOP, diseñé y apliqué un primer CIMA durante el curso 2017/18, con una duración de 6 horas, sobre el tema correspondiente a cálculo de deformaciones en vigas isostáticas e hiperestáticas sometidas a flexión. Dicho CIMA estaba basado en el trabajo de los estudiantes en el aula mediante Hojas de Trabajo diseñadas con preguntas encadenadas en el inicio, para el entendimiento de los conceptos básicos, y ejercicios posteriores de carácter procedimental a desarrollar en el aula de manera grupal. Posteriormente, durante el curso 2018/19 realicé un CIMA con la misma duración y sobre el mismo tema, con la pretensión de perfilar ciertos aspectos relacionados con la metodología docente y los contenidos, más ajustados al tiempo y a los objetivos de aprendizaje que entendía debían alcanzar los estudiantes tras su realización.

Este CIMA fue seleccionado para su publicación en (De-Alba-Fernández y Porlán, 2020). Gracias a la misma, tuve la oportunidad de tener acceso de manera más detallada a

las impresiones de mis estudiantes y a sus sugerencias de mejora. Aunque la opinión en general era bastante satisfactoria, presté especial atención a su demanda de visualizar y aplicar los conceptos teórico-prácticos impartidos a un modelo real, lo que me llevó a plantear un CIMA de la asignatura completa cuyo fin principal fuera conseguir ese objetivo, lo cual era también una inquietud personal que no había llevado a cabo hasta entonces debido al excesivo número de estudiantes matriculados en la asignatura y a la imposibilidad de contar con aulas-seminarios adecuadas en la EPS para plantear sesiones prácticas en las que hacer un seguimiento de los trabajos y establecer una interacción profesora-estudiantes de manera satisfactoria.

Como experiencia piloto, planteé este CIMA durante el curso 2019/20, a modo de trabajo voluntario en grupos de dos estudiantes, teniendo una valoración del 15% sobre la nota final. Inicialmente, la convocatoria tuvo bastante éxito, inscribiéndose para la realización del trabajo en torno al 70% de los estudiantes. Sin embargo, al tener que compaginar dicho trabajo con las clases teóricas y, además no ser obligatorio para la nota final de la asignatura, finalmente sólo cinco grupos llegaron a completar todas las fases del mismo. Recogiendo la opinión de los estudiantes, la experiencia fue muy positiva, aunque fui consciente de la excesiva carga de trabajo que les supuso para obtener únicamente un 15% de la nota final y, a nivel personal, fue duro hacer el seguimiento de los mismos, ya que las correcciones se realizaban todas en horario de tutorías, al mantener paralelamente con el resto de estudiantes el modelo tradicional de clases magistrales.

Para el curso 2020/21, la decisión tomada en Julio por la Junta de Centro de la EPS de la impartición de la docencia de manera telemática para todas las asignaturas de los diferentes grados, salvo las de primer curso, me abrió la posibilidad de plantear un CIMA mucho más ambicioso, al

desaparecer del escenario el hándicap de la falta de infraestructuras en el centro para poder abordar una metodología docente basada en el trabajo colaborativo sobre un caso práctico. Por tanto, a pesar de perder un factor tan importante como la presencialidad, en mi caso la docencia online se ha presentado más como una oportunidad que como un inconveniente para iniciar la experimentación de un CIMA de asignatura completa.

Diseño previo del CIMA

Modelo metodológico

El diseño de este CIMA supone un cambio radical respecto a la tradicional metodología docente de la asignatura. Las clases magistrales teórico-prácticas son sustituidas en su totalidad por *clases asíncronas*, consistentes en ir liberando semanalmente los contenidos teóricos y los problemas resueltos del tema correspondiente. Paralelamente a la asimilación de conceptos teóricos, tod@s l@s estudiantes van trabajando en grupos de tres miembros, aplicando los conceptos aprendidos sobre un modelo real. Tras la experiencia del curso pasado, durante este curso se han aumentado las exigencias y objetivos a alcanzar con este trabajo, dado que la evaluación de la asignatura se plantea como *evaluación continua*, estando estructurado el trabajo de curso en cinco entregas, las cuatro primeras asociadas a los tres grandes bloques temáticos de la asignatura y una última consistente en la realización de un video expositivo del trabajo completo. Con esta última entrega se pretende que el alumnado trabaje competencias que, a mi entender, serán muy importantes en su futura carrera profesional, como la capacidad de síntesis y de expresión en público. Al igual que con los contenidos teóricos, l@s estudiantes disponen de toda la información



respecto a las diferentes fases del trabajo y del período temporal del curso en el que se trabajará sobre cada una de ellas.

Como recurso técnico principal, se ha optado por la página de la Enseñanza Virtual para todo lo referente a la información básica de la asignatura, la cual queda estructurada en tres carpetas principales: programación de la asignatura, contenidos teóricos y trabajo de curso.

Desde el inicio del curso, los estudiantes disponen de la programación de la asignatura por semanas y, dentro de cada semana, a qué estará dedicada cada clase (Figura 1). Cuando la clase se dedique a teoría, mi único papel será afianzar los conceptos teórico-prácticos más importantes que el alumnado ya debe conocer mediante el estudio previo de dicho tema, así como la resolución de las dudas que hayan podido surgir. Si la clase se dedica a corrección de trabajos de curso, los estudiantes deben organizarse para hacer sus correcciones de grupo en los días programados. Se adjunta como Anexo 1 un cuadro completo de la programación citada anteriormente.

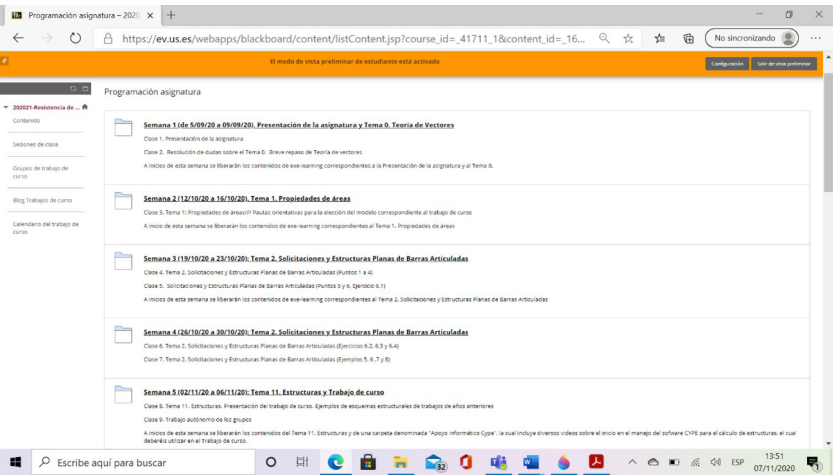


Figura 1. Programación semanal de la asignatura a disposición de los estudiantes

El calendario del curso ha sido realizado de manera muy concienzuda con el objeto de que, tras la asimilación de determinados conceptos teórico-prácticos, l@s estudiantes vayan aplicándolos de forma inmediata a su modelo real, guiados por el profesorado mediante las sesiones de corrección, las cuales serán organizadas mediante el sistema de “cita previa”, aunque la idea es que todos los estudiantes asistan a estas clases permitiendo así la resolución de dudas generalizadas a nivel colectivo. Para las correcciones de los trabajos cuento con la ayuda de un compañero y una compañera, si no sería totalmente inviable atender a todos los grupos (63) de una manera eficiente. Todos los pasos a realizar en este trabajo así como el calendario de entregas se encuentran a disposición de los estudiantes desde el inicio del curso (Figura 2).

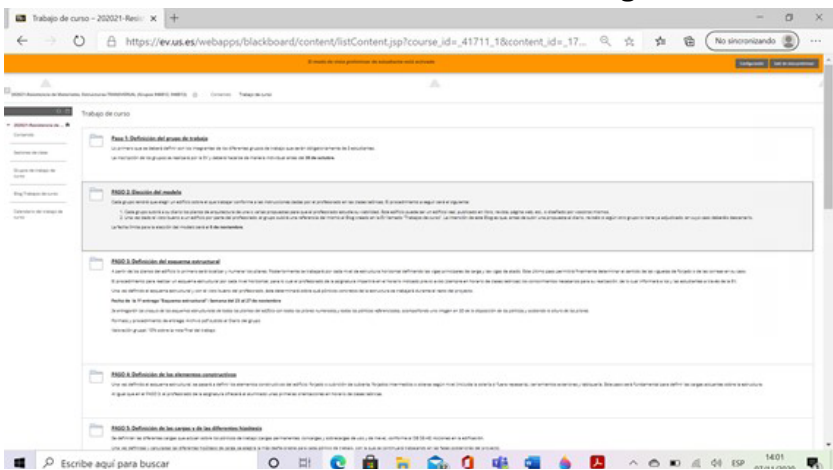


Figura 2. Pasos y calendario del trabajo de curso a disposición de los estudiantes

Los contenidos teóricos son liberados gradualmente conforme a la programación general. Para la exposición de los mismos se ha elegido el software Exe-learning (Figura 3). Este software permite realizar algo similar a páginas web por cada uno de los temas, permitiendo un diseño personalizado y la inclusión de textos y cualquier tipo de archivo. Como recurso fundamental se ha optado



por la realización de videos explicativos, complementados con archivos pdf de problemas resueltos. Para cada tema, l@s estudiantes puede acceder a toda la información pinchando en un simple link colgado en la carpeta del tema correspondiente.

Finalmente, como recurso de apoyo se está utilizando la plataforma Teams, donde se ha creado un equipo de trabajo con todo el alumnado. A través de la misma pueden plantear cualquier duda que les surja durante el estudio de los temas o durante la realización del trabajo. La idea es que, además de ser una plataforma informativa para determinadas cuestiones, se establezca una interacción entre ellos, resolviéndose las dudas unos a otros y colaborando entre sí.



Figura 3. Interfaz del software Exe-learning para los estudiantes

Todo lo anteriormente expuesto, queda plasmado en el modelo metodológico que se presenta en la Figura 4.

Mapa de contenidos

La asignatura se estructura en tres grandes bloques teóricos: Estática del Sólido rígido (36 h) (2 entregas del trabajo de curso), Cálculo de Deformaciones (10 h) (1 entrega) y Cálculo de Tensiones (11 h) (1 entrega). Para la 5ª y última entrega del trabajo, como se ha comentado anteriormente, se ha planteado la realización de un video expositivo del trabajo global.

En la Figura 5 se presenta el mapa de contenidos correspondiente al primer bloque citado junto con las preguntas claves que servirán para evaluar la progresión de l@s estudiantes al inicio y al final del CIMA. La fecha prevista de entrega de las dos fases de este primer gran bloque teórico se prevén para el 27 de noviembre y el 11 de diciembre respectivamente.

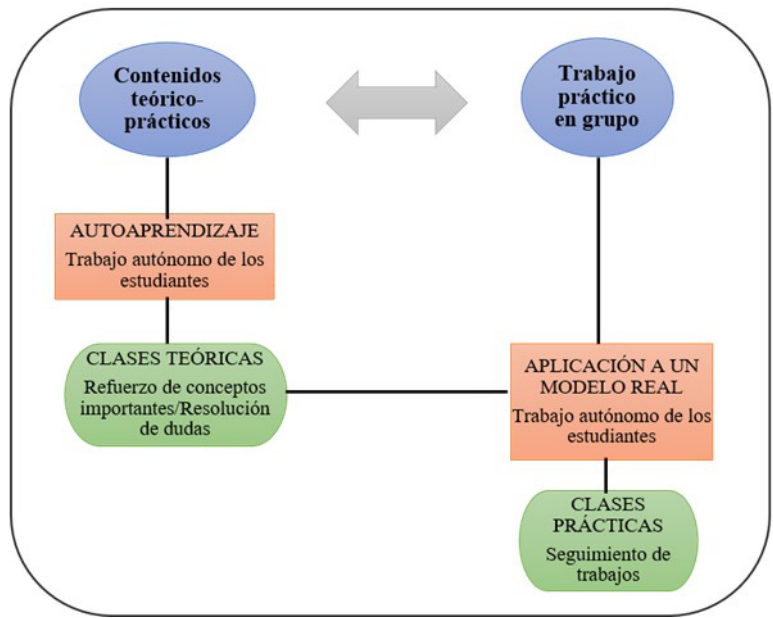


Figura 4. Modelo metodológico de la asignatura completa

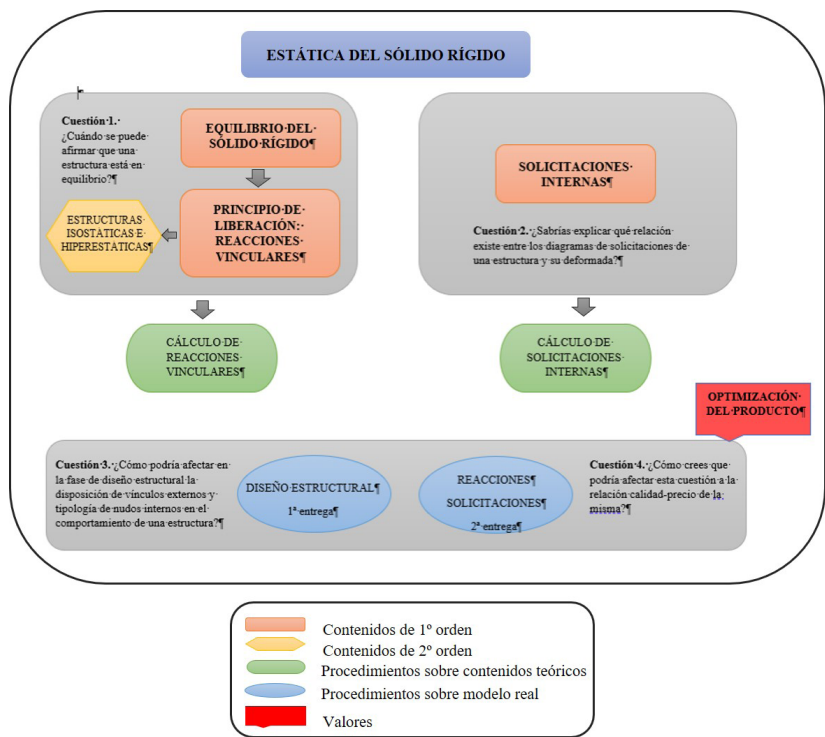


Figura 5. Mapa de contenidos Bloque 1. Estática del Sólido Rígido

Aplicación del CIMA

Relato resumido de las sesiones

Relatar sesiones de clases telemáticas me resulta complejo. Siempre he puesto en valor la cercanía con l@s estudiantes en los sucesivos diseños de mis CIMA. Sin embargo, durante este curso no voy a llegar a conocer a mis alumn@s presencialmente, lo cual, además de entristecerme, entiendo que es una gran carencia tanto para ell@s como para mí. El ambiente que se crea en el aula cuando se realiza un trabajo colaborativo entre l@s estudiantes y el/la docente incita a un conocimiento mutuo a nivel personal que es insustituible. Conocer las habilidades y las carencias de mis estudiantes siempre me ha ayudado a la



hora de guiarlos y exigirles en la medida de sus posibilidades individuales. Por tanto, mi gran incertidumbre al inicio del curso era: ¿cómo suplir esta carencia?

Mi primera decisión fue conectar la cámara en todas las sesiones para que, al menos, me visualizasen y me sintieran más cercana. Hay días que no ha sido posible por problemas de conexión, pero, al menos, antes de pasar a compartir pantalla para mostrar los contenidos o los trabajos a corregir, trato siempre de charlar con ellos 5 minutos con la cámara abierta para darles los buenos días y hacer una breve introducción sobre la clase. Sé que lo tienen en la programación de la asignatura, pero me apetece ser yo la que los ponga en situación para calentar motores. Cierta día, en una clase que se presumía relajada, comencé a hablar sobre la situación que estamos viviendo con la pandemia y l@s animé a que expresaran sus sentimientos y opiniones. Comprobé con sorpresa cómo much@s de ell@s comenzaron a hablar de una forma muy natural, como si estuvieran conversando con alguien cercano, expresándose con una madurez pasmosa. Personalmente, esta respuesta por su parte fue muy satisfactoria y creo que sirvió para crear un vínculo entre tod@s que era necesario.

Por otro lado, he constatado que, a la hora de plantear cualquier pregunta, el expresarse por escrito a través del chat durante el desarrollo de las clases, o de Teams fuera del horario, les da más seguridad que hablar, además de generarles más confianza. Como ejemplo, me resulta gracioso cómo utilizan a menudo emoticonos para mostrar sus sentimientos en un momento concreto. Lógicamente, forman parte de una generación en la que este tipo de comunicación es lo más usual, así que trato de responderles del mismo modo. Creo que así también consigo acercarme más a ell@s.



Por último, las correcciones de los trabajos grupales me están resultando muy gratas ya que en ese momento están obligados a hablar para exponer los contenidos. Aunque sea telemáticamente, escucho sus voces, sus risas y sus lamentos. En estos momentos de “intimidad” con un grupo concreto, trato igualmente de conocerl@s un poco más en la medida de lo posible.

Para terminar, siempre me queda la duda de qué estarán haciendo realmente cuando están conectad@s: ¿están atent@s?, ¿están realizando otras tareas?, ¿están charlando con su compañer@ de piso o con alguien de su familia? Sé que algunos compañer@s utilizan herramientas para comprobarlo y es un tema que, dado el trabajo que ha supuesto la preparación de la asignatura 100% online, me ha sido imposible abordar. Con la esperanza de que recuperemos cierta normalidad para el próximo curso, espero que éste no sea un tema a trabajar para el mismo.

Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

Como ya ha sido comentado en la descripción del modelo metodológico, el método de evaluación de la asignatura será el de *evaluación continua*. La única tarea a evaluar será el trabajo de curso, puntuado por fases de la siguiente manera:

1ª entrega: valoración grupal (15%)*

2ª entrega: valoración grupal (25%)*

3ª entrega: valoración grupal (20%)*

4ª entrega: valoración grupal (20%)*

5ª entrega: valoración individual ((20%)*

*% respecto a la nota global

Sobre todas estas notas parciales, se aplicarán una serie de rúbricas a nivel individual o colectivo, tales como: autonomía del grupo a la hora de desarrollar el trabajo, nivel de la presentación a nivel estético y, por último, capacidad de síntesis y jerarquía en la exposición de los contenidos.

Por falta de tiempo, y, ciertamente, por la incertidumbre que, a nivel personal, me genera la realización de pruebas de forma telemática, no se ha planificado ninguna otra actividad calificable. Posteriormente, en la evaluación del CIMA expondré mis ideas respecto a las posibles mejoras a realizar en el proceso de evaluación para el año próximo.

Como ya se ha comentado anteriormente, aunque el CIMA se realiza para la asignatura completa, en este trabajo se presentan únicamente los resultados de su aplicación sobre el primer gran bloque temático. Para evaluar el aprendizaje de l@s estudiantes durante este primer período, se les ha realizado inicialmente un cuestionario individual con una serie de preguntas clave relacionadas tanto con los contenidos teóricos como con su aplicación en el modelo real durante el trabajo. Dichas preguntas se encuentran incorporadas en el mapa de contenidos (Fig. 5), indicando a qué contenido teórico o actividad concreta están referidos y, conforme a mis experiencias anteriores, se han planteado dando cuatro opciones para que cada estudiante marque la que estime correcta. A día de hoy, sólo pueden presentarse los resultados de la evaluación previa, ya que la entrega de la segunda fase del trabajo asociada a este primer bloque está prevista para mediados de diciembre.

El cuestionario está compuesto de las siguientes preguntas:

1. ¿Cuándo se puede afirmar que una estructura está en equilibrio?



- 2. ¿Sabrías explicar qué relación existe entre los diagramas de solicitaciones de una estructura y su deformada?
- 3. ¿Cómo podría afectar en la fase de diseño estructural la disposición de vínculos externos y tipología de nudos internos en el comportamiento de una estructura?
- 4. ¿Cómo crees que podría afectar esta cuestión a la relación calidad-precio de la misma?

En la Figura 6 se presentan los resultados de la evaluación previa al inicio del CIMA, indicando el porcentaje de estudiantes que optaron por cada una de las cuatro respuestas en cada pregunta. En color verde se representa la respuesta correcta, mostrándose las tres erróneas en colores diferentes en función de su mayor o menor aproximación a dicha respuesta: en azul la más aproximada, en rojo la menos.

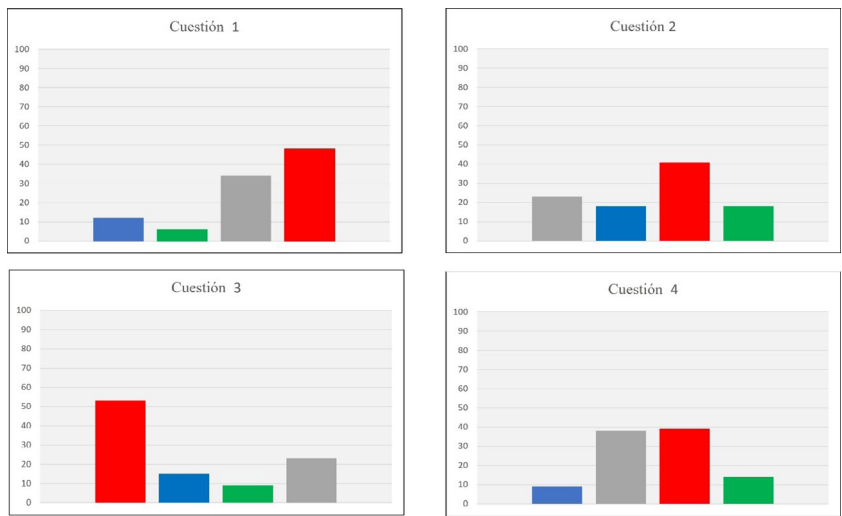


Figura 6. Resultados del cuestionario realizado al alumnado previo a la aplicación del CIMA

F



Evaluación del CIMA

Tras la aplicación del CIMA, mi principal conclusión es que l@s estudiantes han conseguido asimilar de una manera satisfactoria la **aplicación de determinados conceptos teóricos en un modelo real**, además de aprender a presentar y a exponer los resultados. Sin embargo, no todos los conceptos teóricos importantes son aplicables en cada modelo concreto por lo que, a nivel de evaluación, entiendo que es importante complementar el trabajo de curso con una prueba o examen por cada uno de los tres bloques temáticos que supusieran un % de la nota final. Me queda la incertidumbre de si estarán estudiando todos los temas conforme a la programación y, por tanto, asimilando contenidos que, a pesar de no aplicar en su trabajo, son fundamentales para asignaturas posteriores. Me plantean pocas dudas en clase, lo que, o bien significa que lo han entendido todo o, por el contrario, no se lo han estudiado.

En referencia al cuestionario realizado para evaluar el aprendizaje de los estudiantes, no es posible presentar conclusiones ya que, como se ha comentado en el apartado anterior, aún no se les ha pasado el cuestionario final al estar el CIMA todavía en proceso de aplicación.

Respecto a la metodología, estoy bastante satisfecha y voy a tratar de ponerla en práctica el próximo curso de manera presencial si es posible. Esta metodología podría aproximarse a la definida como **metodología basada en clases invertidas**, en la que las sesiones son eminentemente prácticas, destinadas a resolver problemas relacionados con los conceptos teóricos adquiridos previamente por l@s estudiantes de manera autónoma. La metodología ideal que tengo de la asignatura es la división de los grupos en subgrupos de aproximadamente 20 ó 25 alumn@s, de manera que las clases sean a modo de seminarios, con un docente por cada subgrupo, en las que no sólo se



realicen correcciones de los trabajos, sino que, en determinadas ocasiones se resuelvan problemas o casos concretos relacionados con la teoría, adaptados siempre a casos reales. Lógicamente, a día de hoy este planteamiento es una utopía. Nuestro sistema universitario, desgraciadamente, no permite aumentar el número de docentes para conseguir grupos de 25 alumn@s, lo que me lleva a reflexionar sobre el tremendo esfuerzo que hacemos much@s de nosotr@s en el compromiso de mejorar día a día nuestra docencia en unas circunstancias tan adversas.

Por otro lado, respecto al mapa de contenidos y problemas del bloque de la asignatura presentado en esta publicación, también tengo idea de mantenerlo igual a priori; lo encuentro claro y conciso tanto para mí como para mis estudiantes. **Less is more** (Ludwing Mies van der Rohe, Aquisgrán (1889)- Chicago (1969)).

Para finalizar, hay que recordar que este CIMA forma parte de un CIMA que se extiende a la asignatura completa, por lo que ciertas conclusiones extraídas del mismo pueden ser reconducidas una vez finalice la impartición de la misma y se evalúen los resultados finales del cuestionario del primer bloque y los contenidos y la calidad de las dos primeras entregas de los trabajos de curso.



Palabras clave: Resistencia de Materiales. Estructuras, Grado en Ingeniería Mecánica, Doble Grado en Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial, docencia universitaria, experimentación docente universitaria, autoaprendizaje, aprendizaje sobre modelos reales

Keywords: Strength of materials. Structures, Mechanic Engineering Grade, Mechanic Engineering and Industrial Design Doble Grade, university teaching, university teaching experimentation, self-learning, real models learning

Referencias bibliográficas

- De-Alba-Fernández, N. y Porlán, R. (2020). *Docentes universitarios. Una formación basada en la práctica*. Madrid: Ediciones Morata.
- Finkel, D. (2008). *Dar clase con la boca cerrada*. Valencia: Publicaciones de la Universitat de València.
- Gere, J. (2009). *Resistencia de Materiales*. Madrid: Thomson-Paraninfo.



[illegible][illegible]