

MEMORIA DE COMPROMISOS Y RESULTADOS ACTÚA

Actuaciones Avaladas para la Mejora Docente

2024/2025

Identificación del proyecto	
Código	sol-202400285000-tra
Título	Imprimir en 3D juegos de piezas para las prácticas de laboratorio de Resistencia de Materiales
Responsable	Milagros Huerta Gómez de Merodio

1. Describa los resultados obtenidos a la luz de los objetivos y compromisos que adquirió en la solicitud de su proyecto. Copie en las dos primeras filas de cada tabla el título del objetivo y la descripción que incluyó en el apartado 2 de dicha solicitud e incluya tantas tablas como objetivos contempló.

Objetivo nº 1	Definir las prácticas que se van a realizar en el laboratorio con las maquetas.
Actividades previstas:	<i>Concretar qué tipos de estructuras se va a pedir a los alumnos que modelen en las prácticas, para concretar qué conjunto de piezas se quieren imprimir.</i>
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	Se ha determinado modelar perfiles a escala de los tipos más usados en las clases de la asignatura: HEB, HEM, HEA, UPN, UPE, IPN, IPE, T, L ... Algunos perfiles, por las tablas, parecen ser iguales: HE_: También conocidos como perfiles doble T o H IP_: También conocidos como perfiles I, (más estrechos) UP_: También conocidos como perfiles U Al verlos impresos a escala, los alumnos han podido observar que hay ciertas diferencias entre ellos y así han podido comprobar el por qué en algunos casos es mejor utilizar un tipo u otro, que dependerá de los esfuerzos a los que vayan a estar sometidos. En la Figura 1 se muestra la selección de estos perfiles. En esta figura se aprecia muy bien cómo, aunque parecieran ser iguales los tipo HE_, IP_, UP_, etc., al ver la sección a la misma escala, se diferencian los espesores, anchos, curvas y demás, necesarios para poder seleccionar el más conveniente en cada estructura.

Hay que decir que el número que acompaña al perfil se refiere a la altura de este en mm. Por tanto, un HEB100, por ejemplo, el número 100 se refiere a que la altura de la sección es 100 mm. Por lo tanto, los números que se muestran en la figura son valores en mm.

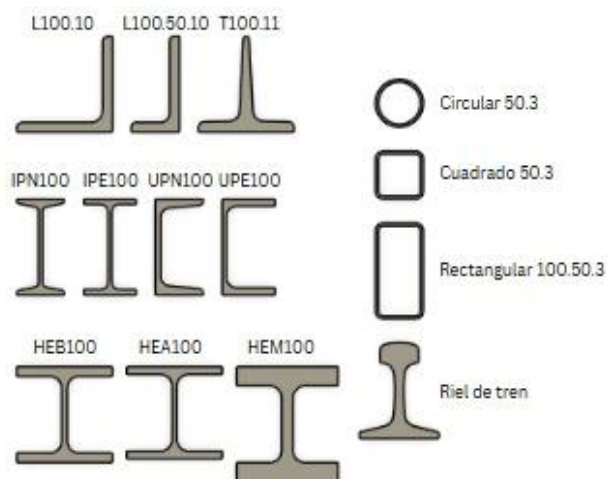
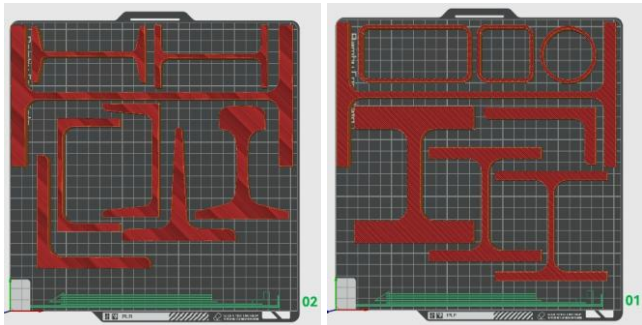


Figura 1: Tipos de perfiles seleccionados

Objetivo nº 2	Definir y modelar las diferentes piezas que se quieren usar en las prácticas previamente definidas.
Actividades previstas:	<i>Modelar en 3D y hacer pruebas de tamaño y de material sobre las piezas, para seleccionar los modelos óptimos para hacer los juegos de piezas a emplear por los alumnos.</i>
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	De todos los perfiles seleccionados en el Objetivo 1, se han impreso a escala 1:1 los de altura 100 mm (los que se muestran en la Figura 1): - HEB100, HEM100, HEA100 - UPN100, UPE100 - L100x100 (angular cuadrado), L100x50 (no cuadrado) - T100 Los perfiles HE_ tienen una característica y es que el ancho es aproximadamente el mismo que la altura (para los HEB el ancho es exactamente igual a la altura). Sin embargo, el ancho máximo es de 300 mm (para evitar deformaciones en las alas de los perfiles). Por lo tanto, a partir de HE_300, la sección deja de ser cuadrada (o casi), para ir pasando a una sección más parecida a una doble T.

	Para ello, se han impreso también perfiles de tipo HEB600, HEA600 y HEM600. Así, los alumnos pueden comprobar cómo la sección de estos perfiles empieza a parecerse a los IP_. Éstos últimos, no se han podido hacer a escala, pues las dimensiones de la impresora no lo permiten, por lo que se han ajustado para hacerlos a la mayor escala posible que admite la impresora: - HEB600 - HEM600 - HEA600 Se ha preparado el archivo de impresión para que encajen TODOS en el mínimo número posible placas, para poder imprimirlos en el mínimo número de veces y así optimizar el tiempo de impresión. Al ser tantos y a un tamaño a escala 1:1, para se han tenido que encajar en dos fases, como se muestra en la Figura 2.  Figura 2: Encaje de perfiles en la placa de la impresora.
--	--

Objetivo nº 3	Imprimir piezas de diferentes tamaños, con diferentes materiales
Actividades previstas:	Utilizando la impresora 3D, se sacarán elementos de diferentes tamaños y piezas, para que los alumnos vean la diferencia de comportamiento de los elementos estructurales según esas propiedades.
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	En la Figura 3 se muestra un ejemplo de cada una de las secciones ya impresas a escala 1:1 (excepto las grandes que se han impreso a escala 1:1/2), para que los alumnos las puedan tener en sus manos las visualicen mejor. Al tener estos archivos, ya se puede usar e imprimir a la escala que se necesite, para seguir generando nuevo material para las clases, tanto de laboratorio como de problemas.



Figura 3: Todas las secciones impresas en 3D.

Una vez han elaborado estos perfiles en 3D, en formato STL, se puede cambiar fácilmente la escala (y alargarlos lo que sea necesario), para imprimirlos según las necesidades de las prácticas. Para ello, se les ha añadido en los externos un “macho” y una “hembra” y así encajen con el material que ya dispone el laboratorio. De esta forma, ese material es reutilizable y se puedan reemplazar estas piezas por las que no son “estándar” de estructuras. Esta parte ha dado muchos problemas, sobre todo cuando se han querido sacar las piezas en material blando, para que los alumnos puedan apreciar la deformación de las piezas. En la Figura 4 se muestra un ejemplo de “machos” y “hembras” que se han añadido a los perfiles finales.

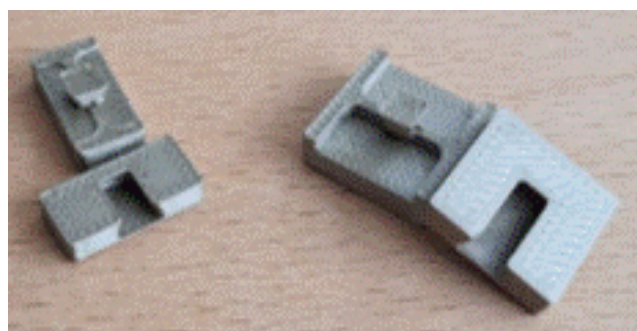


Figura 4: Ejemplos de “macho” y “hembras” para los perfiles.

A continuación, se muestran unos ejemplos de los diferentes elementos impresos para usar en las maquetas. Las piezas de la Figura 5 son piezas impresas en el material más duro del que disponemos (PLA), que es el comportamiento que tendrán las estructuras en la realidad.

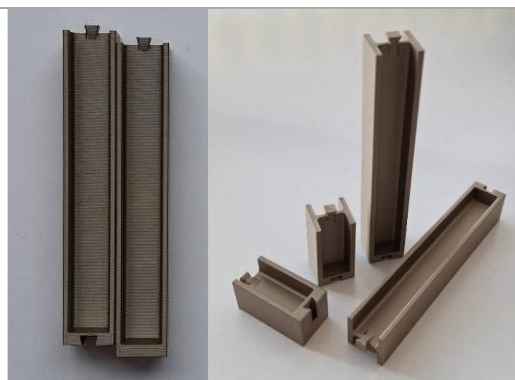


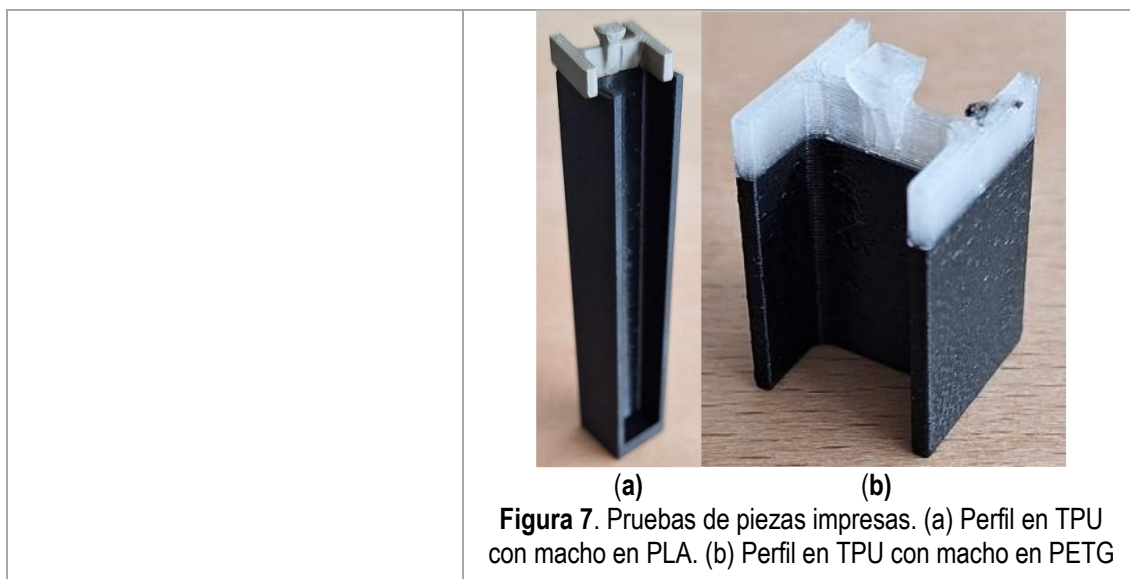
Figura 5. Piezas impresas en PLA

La impresión en material deformable (para que los alumnos puedan apreciar cómo se deformarían la estructuras) ha dado muchos problemas y se han tendido que realizar muchas pruebas. Principalmente, encontrar los parámetros adecuados para imprimir estas secciones en material blando (TPU) y también la parte de unión “macho/hembra” que se rompía. Por esto motivo, no se han podido usar esas piezas en las maquetas para los alumnos, pero sí se han impreso elementos sueltos. En la Figura 6 se muestran algunos ejemplos de los resultados de la impresión de estas piezas.



Figura 6. Piezas impresas en TPU

Tras numerosas pruebas de impresión y cambios de diseño, se ha conseguido solventar este problema utilizando un material especial que la impresora admite para mezclar diferentes características. Esta solución se ha conseguido una vez finalizadas las prácticas de laboratorio, por lo que no ha dado tiempo de usarlas este curso académico, pero se imprimirán y se usarán para las prácticas de laboratorio y clases del curso 2025/2026. En la Figura 7 se muestran dos ejemplos de todas las pruebas realizadas: (a) se muestra cómo al mezclar material TPU con PLA se separa el material; (b) se comprueba que la solución es imprimir el perfil en TPU y el macho en PETG y ya el material permanece unido.



Objetivo nº 4	Poner las piezas a disposición de los alumnos
Actividades previstas:	<i>Una vez se tengan los juegos de las piezas, se añadirán al material del que ya se dispone en los juegos de maquetas del laboratorio para las prácticas. Los alumnos empezarán haciendo las prácticas con el material estándar, del juego de maquetas del que se dispone, para luego proporcionarles el material impreso con este proyecto, para que valoren la diferencia.</i>
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	Se ha incluido, en el material de maquetas que se proporciona a los estudiantes, los perfiles impresos con material PLA (rígido) para que generaran sus propias estructuras con elementos cuyas secciones son similares a las reales. Con este material, los alumnos han realizado las maquetas que se pedían en las prácticas entendiendo mejor cómo van a ser las estructuras que van a tener que diseñar/calcular en su futuro profesional. En la Figura 8 se muestra el material impreso para poner a disposición de los estudiantes, y que se usará en los siguientes cursos también para las clases de problemas. Al disponer de más material de impresión, se seguirán imprimiendo más piezas para poder entregar a los estudiantes en las clases y que trabajen en parejas. Se pretende que los estudiantes diseñen su propia estructura (simple, pues están en 2º de Grado), pero se pondrá a disposición para la demás asignaturas del área y así sacarles mayor provecho.



Figura 8. Juegos de piezas impresos para las prácticas

En la Figura 9 se muestra un par de ejemplos de imágenes que han realizado durante las prácticas de laboratorio y que han incluido en sus memorias de prácticas: (a) ejemplo de pórtico con el material del que se disponía en el laboratorio antes de este proyecto; (b) ejemplo del mismo tipo de pórtico elaborado con perfiles impresos con secciones reales.

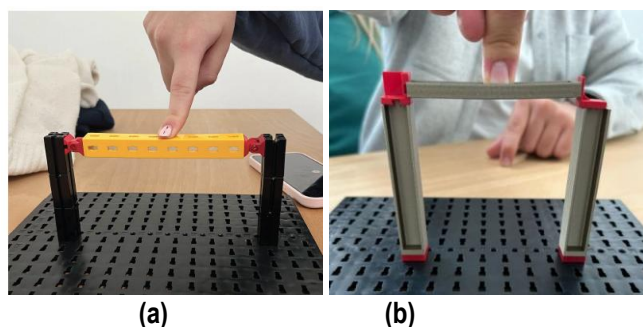
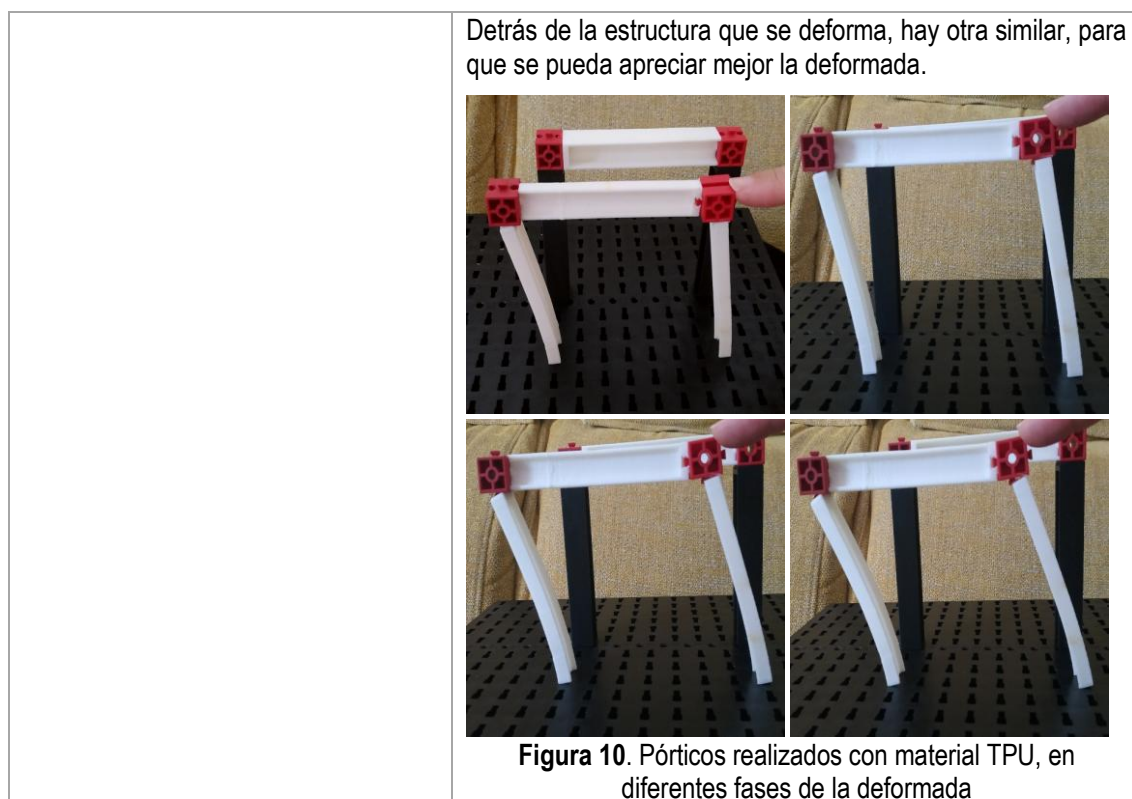


Figura 9. Pórticos realizados por alumnos: (a) Con material de las maquetas, (b) Con material PLA (no deformable)

La deformada de este pórtico apenas se puede apreciar (tal y como pasa en la realidad). Por este motivo, para que los alumnos puedan apreciar el comportamiento en relación a cómo se deformarían las estructuras, se han impreso las mismas piezas en TPU (material deformable), de manera que se pueda apreciar la deformación en los diferentes elementos.

En la Figura 10 se muestra la misma configuración de pórtico que para la Figura 9 impreso con material TPU (deformable). Las diferentes imágenes muestran la secuencia para que se vea cómo se deforma, al aumentar gradualmente la carga lateral aplicada.



Objetivo nº 5	Encuestar a los estudiantes
Actividades previstas:	<i>Se pasarán encuestas a los estudiantes para conocer su opinión sobre hacer la práctica con el material impreso en 3D.</i>
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	La aceptación del uso de este material para las clases ha sido muy buena. Al tener elementos estructurales similares a los reales, entienden mejor el comportamiento de los diferentes elementos estructurales (rigidez y deformación en función de cómo se coloquen). Además, muchos han sugerido que se pueden usar en clase de problemas, para entenderlos mejor. Dada la buena aceptación que ha tenido esta Actuación Avalada, aunque no se ha solicitado un nuevo Proyecto de Innovación, o una Actuación Avalada, se seguirá usando en el aula, contando con la colaboración de los alumnos de clase, alumnos colaboradores y profesores interesados en el tema, implementando nuevos diseños y configuraciones de estructuras.

2. Describa las medidas de difusión a las que se comprometió en la solicitud y las que ha llevado a cabo¹.

Descripción de las medidas comprometidas
<i>Se presentará en las siguientes Jornadas de Innovación Docente de la UCA.</i> <i>Si por algún motivo las Jornadas no se llevaran a cabo, se hará una sesión informativa a todos los profesores interesados en el tema (en julio de 2025), para explicarles lo que se ha realizado en las mismas. En dicha reunión, se les pasará un cuestionario para ver su grado de interés sobre este tema.</i> <i>También se pretende escribir un artículo con los resultados del proyecto. En principio se pretende llevar a la revista JCR - Journal of Engineering Education, que publica artículos en esta línea: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jee.20482</i>
Descripción de las medidas que se han llevado a cabo
Dado que durante este curso no se han realizado las Jornadas de Innovación Docente de la UCA, se ha impartido un seminario a profesores interesado en el tema en el mes comprometido, julio de 2025. Se ha explicado lo que se ha realizado, así como la disponibilidad de la impresora para poder usarla en otras asignaturas. En este seminario, se ha mostrado cómo se han usado las maquetas en las prácticas de laboratorio, así como las actuaciones que se van a llevar a cabo en las clases para el curso siguiente. Aunque no estaba dentro de las medidas de difusión, se ha elaborado una guía sobre cómo funciona la impresora y los parámetros a usar para cada tipo de material. Esta guía es muy necesaria para que nuevos usuarios de la impresora no tengan que empezar de cero y tengan unos parámetros que les pueda ayudar con el tipo de elementos que quieran imprimir, y con el tipo de material que quieran usar. Además, se está preparando un artículo sobre lo realizado en este proyecto y anteriores con las maquetas para las prácticas de laboratorio de Resistencia de Materiales, que se quiere enviar a revistas de alto impacto, JCR Q1.

¹ Si en la solicitud no indicó ningún compromiso de difusión de resultados, este criterio no se tendrá en cuenta en la evaluación.