

MEMORIA DE COMPROMISOS Y RESULTADOS ACTÚA

Actuaciones Avaladas para la Mejora Docente

2024/2025

Identificación del proyecto	
Código	sol-202400284480-tra
Título	La impresión 3D como herramienta de apoyo en la docencia: Elaboración de pequeños equipos y material de soporte para las prácticas del área de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica.
Responsable	Alberto Sanz de León

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	Identificación de elementos a imprimir para mejorar las prácticas de CM y CIM.
Actividades previstas:	-Análisis inicial de potenciales elementos a diseñar e imprimir. -Visitas a laboratorios y entrevistas con profesores de prácticas. -Búsqueda de información bibliográfica para identificar casos de éxito previos.
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	Se visitaron los laboratorios FC5 de la facultad de ciencias, 102 del CASEM y AS04 de la ESI para identificar distintos elementos a imprimir y se tuvieron discusiones con distintos profesores que han impartido/imparten las prácticas de la asignatura de Ciencia e Ingeniería de Materiales (CIM) en distintos grados. Tras estas actividades, se identificaron una serie de pequeños elementos de utilidad para el desarrollo de estas prácticas: -Elementos de soporte para probetas, tubos eppendorf, etc., que pueden ser necesarios en cualquier práctica del departamento en general. -Accesorio para facilitar el manejo de probetas en la práctica de ensayo Charpy. -Piezas con distintas geometrías y porosidades para la práctica de ultrasonidos.

	Además, se identificó la posibilidad de fabricar dos equipos de mayor envergadura, que podrían usarse en futuras prácticas de CIM: -Equipo charpy de polímeros -Equipo de ángulo de contacto. En ambos casos se encontró documentación previa donde se indicaba la posibilidad de realizar ambos equipos, incluyendo freeware para el software de ángulo de contacto y videotutoriales para la fabricación del equipo charpy. Dada la envergadura de estos equipos, se plantearon dos trabajos de fin de grado independientes para cada uno de ellos, además del personal becario solicitado.
--	--

Objetivo nº 2	Diseño digital de los prototipos y piezas a fabricar.
Actividades previstas:	-Diseño digital de los elementos seleccionados mediante el uso de software específicos como Solidworks e IdeaMaker.
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	Se empleó el uso de diferente software de diseño, licenciados por la UCA o de acceso libre. En el caso de los pequeños elementos, su diseño inicial fue relativamente sencillo. Se tuvo simplemente en cuenta las dimensiones de las probetas, tubos, etc., que se midieron de forma experimental en los laboratorios de prácticas. En el caso de las piezas para ultrasonidos, se diseñaron 12 paralelepípedos distintos, de al menos 10 mm de grosor, con distintas porosidades de varias geometrías y tamaños. En el planteamiento inicial se tuvo en cuenta la resolución del equipo de ultrasonidos para asegurarse de que se podrían detectar estas porosidades. Para los dos equipos grandes (charpy y ángulo de contacto), primero se realizó un estudio más exhaustivo de las distintas piezas que componen cada uno de estos equipos y cuáles eran susceptibles de fabricarse mediante impresión 3D. Para ello se tuvieron en cuenta tanto equipos comerciales disponibles en la UCA, como información encontrada online, incluyendo equipos fabricados de forma no profesional. En el caso del ángulo de contacto, se usó también como referencia un pequeño equipo fabricado por profesores de la UCA hace varios años, que sirvió como punto de partida para poder hacer un rediseño más funcional y útil.

Objetivo nº 3	Fabricación de prototipos mediante impresión 3D.
Actividades previstas:	-Selección del material óptimo en función de la aplicación/uso deseado. -Optimización de parámetros de impresión y fabricación de prototipos. -Evaluación dimensional de la pieza una vez impresa.
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	Los pequeños elementos para soporte de laboratorio se fabricaron en PLA, ya que es un material económico y fácil de imprimir y estos elementos no requieren grandes prestaciones mecánicas. El accesorio para el manejo de probetas charpy se realizó en TPU, un material elastomérico con alto coeficiente de fricción que favorece el agarre de las probetas durante su manipulación. Las piezas para la práctica de ultrasonidos se realizaron empleando una resina acrílica fotocurable de color gris. Se tuvo en cuenta que las piezas fueran opacas (normalmente estas resinas son transparentes/translúcidas) para evitar que los alumnos pudieran apreciar las porosidades a simple vista. Para los equipos charpy y ángulo de contacto se eligieron distintos materiales poliméricos en función del requisito mecánico de cada elemento. En general, los elementos que no estaban sometidos a grandes esfuerzos mecánicos se hicieron de PLA mientras que aquellas partes que necesitaban mayor resistencia al impacto se hicieron de ASA o PETG reforzado con fibra de carbono. Todos estos materiales se imprimieron empleando las distintas impresoras disponibles en los grupos de investigación de los profesores participantes en esta actuación, empleando los parámetros de impresión detallados por el fabricante (temperatura de impresión, velocidad, etc.) sin ningún contratiempo en particular. Las distintas piezas fabricadas se obtuvieron con una buena calidad dimensional.

Objetivo nº 4	Rediseño y consolidación de piezas.
Actividades previstas:	-Identificación de posibles mejoras en los prototipos realizados en las tareas anteriores. -Rediseño del prototipo a nivel digital y posterior impresión 3D. -Reevaluación de las piezas nuevamente impresas.
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	En todos los casos hubo que realizar rediseños de los primeros prototipos fabricados para un mejor ajuste dimensional a los requisitos requeridos. Por ejemplo, el accesorio para el manejo de probetas charpy se rediseñó varias veces hasta conseguir un manejo ergonómico y lo más cómodo posible de las probetas, realizando pruebas <i>in situ</i> en el laboratorio 102 del CASEM. Los elementos para la práctica de ultrasonidos se reimprimieron empleando un mayor espesor de material (hasta 20 mm), de forma que las medidas realizadas en prácticas por los alumnos fueran más sencillas de hacer. El equipo de ángulo de contacto contó con dos rediseños completos, en los que se realizó un ajuste de las distintas partes móviles con las que cuenta el equipo, para facilitar su uso. De forma similar, el equipo charpy contó con distintos rediseños para ajustar la mecánica, resistencia estructural y precisión dimensional, optimizando el rendimiento y funcionamiento del equipo. Aún así, se han identificado posibles mejoras adicionales que se realizarán como trabajo futuro durante el curso 2025-26.

A continuación, las **Figuras 1-5** muestran una serie de imágenes con ejemplos de los elementos fabricados:



Figura 1. Diferentes elementos de apoyo como soporte de tubos falcon para su uso en prácticas. Estos soportes permiten colocar estos tubos en la poyata de forma vertical y sumergirlos en baños de ultrasonidos de forma segura.



Figura 2. Ejemplo de un accesorio para manejo de probetas charpy (en blanco), adaptado a unas pinzas ya disponibles en el laboratorio de prácticas.

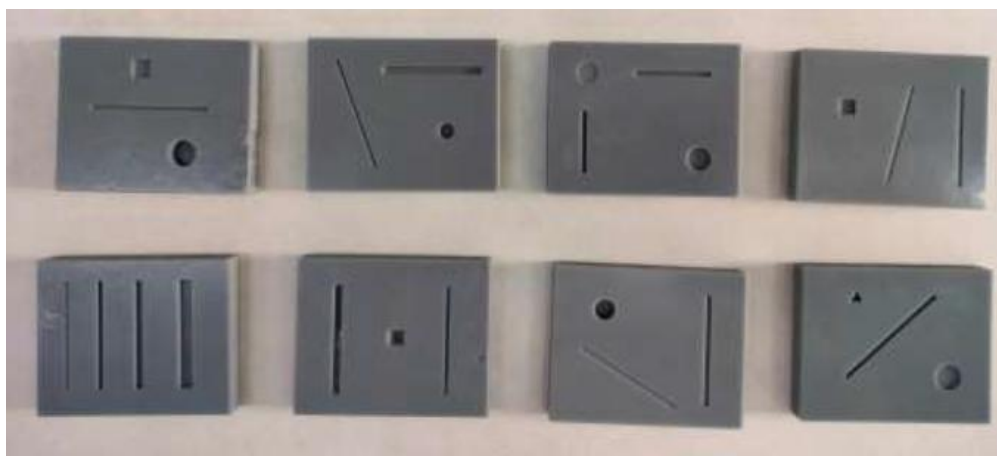


Figura 3. 8 ejemplos distintos de muestras problema para su uso en prácticas de ultrasonidos. Los alumnos son capaces de detectar las geometrías de los distintos huecos (defectos) diseñados.



Figura 4. Prototipo del equipo de ángulo de contacto. La mayor parte de los elementos fueron fabricados mediante impresión 3D.



Figura 5. Prototipo del equipo charpy para evaluar la resistencia al impacto en polímeros. La mayor parte de los elementos, especialmente aquellos sujetos a grandes esfuerzos mecánicos fueron previamente diseñados y fabricados mediante impresión 3D.

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
Esta actuación contempla la difusión de los resultados mediante un repositorio en el que se depositen de forma pública todos los diseños realizados en esta actuación, de forma que sean de acceso libre. Los resultados se difundirán entre el resto de los compañeros del departamento, universidad y/o comunidad educativa identificando qué casos de éxito podrían implementarse también en otras asignaturas. Para ello, se tendrá en cuenta la posible participación en eventos como congresos educativos o workshops organizados por la UCA u otras entidades similares. Por último, en caso de que algún desarrollo genere una cantidad de conocimiento significativo, también se plantea publicar estos resultados en revistas científicas del área educativa, como el <i>Journal of Chemical Education</i> .
Descripción de las medidas que se han llevado a cabo
Los resultados de las tareas relacionadas con el equipo de ángulo de contacto se han difundido mediante el Trabajo de Fin de Grado en ingeniería de diseño y desarrollo de producto “Rediseño y fabricación aditiva de un dispositivo de medición de ángulo de contacto” de D. Antonio García Pacheco, alumno becado en este proyecto, defendido el 26/06/2025. De forma análoga los resultados de las tareas relacionadas con el equipo charpy están publicados en el Trabajo de Fin de Grado en ingeniería de diseño y desarrollo de producto “Diseño y fabricación de un péndulo Charpy analógico para materiales poliméricos mediante fabricación aditiva” de D^a. Alejandra Becerra Ferrer, alumna colaboradora del departamento, defendido el 22/07/2025. Ambos alumnos obtuvieron una calificación de 9.0 sobresaliente por su excelente trabajo realizado. Además, está en proceso la preparación de una publicación internacional de carácter educativa para mostrar los resultados obtenidos en el desarrollo del prototipo de ángulo de contacto. Este equipo es actualmente funcional y permite realizar medidas con un grado de calidad y precisión muy similar al de equipos comerciales, por lo que es un trabajo con potencial para publicar y compartir con la comunidad educativa y científica. Una vez publicado este trabajo, se depositarán en RODIN, o repositorio de la UCA similar todos los diseños realizados de este prototipo, así como los del equipo charpy para que cualquier persona pueda tener acceso a ellos. Los resultados obtenidos se han compartido con el resto de compañeros del departamento, especialmente aquellos que imparten las prácticas de CIM en los distintos grados en los que se encuentra esta asignatura. Se prevé la posibilidad de poder realizar alguna actividad de difusión adicional en algún congreso de innovación docente durante el curso 2025-2026.

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