

MEMORIA DE COMPROMISOS Y RESULTADOS ACTÚA

Actuaciones Avaladas para la Mejora Docente

2024/2025

Identificación del proyecto	
Código	sol-202400284850-tra
Título	Desarrollo de simuladores clínicos “low cost” para el aprendizaje de estudiantes de ingeniería y enfermería a través de un grupo de trabajo multidisciplinar
Responsable	Moisés Batista Ponce

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.

En la propuesta se contemplaba que, el principal objetivo del proyecto era la **coordinación entre el profesorado**, de ambos departamentos, con la intención de **favorecer para el intercambio de prácticas y experiencias docentes**, que puedan beneficiar a los estudiantes.

Para ello, se pretendía crear un grupo de trabajo multidisciplinar, formado por profesores de diferentes áreas del Departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial y del Departamento de Enfermería y Fisioterapia y que se apoyará en profesorado del Departamento Organización de Empresas con la intención de crear un proyecto sólido sobre el que sustentar actividades integrales para estudiantes de grado y máster, con el objetivo final de **desarrollar de simuladores clínicos “low cost”**.

En concreto, se pretendía abordar el Diseño y Desarrollo de Simuladores para el aprendizaje de técnicas clínicas relacionadas la Diabetes Tipo 1, donde el paciente debe autosuministrarse insulina mediante una inyección subcutánea. Así, se pretendía diseñar, desarrollar y prototipar simuladores para la simulación de insulina para pacientes de corta edad, es decir, para la inyección subcutánea pediátrica. De forma que ese prototipo pueda ser utilizado por el área de enfermería para el aprendizaje de estudiantes de las asignaturas Enfermería familiar y comunitaria 1 y 2 del Grado de Enfermería y para el entrenamiento de pacientes.

Además, se pretendía mejorar los simuladores clínicos comerciales, que además son muy caros, con una solución realista, fiable, sencilla, modular y económica. Que además, fuera sostenible y personalizable para reforzar la componente emocional del simulador.

Así, se entendía que el éxito de este proyecto estaría ligado al **desarrollo de un prototipo funcional de simulador clínico** validado por los profesionales del Área de Enfermería, ya que esto demostraría el trabajo conjunto y coordinado para el desarrollo de este simulador de forma concurrente, desde la definición de requerimientos hasta la validación del simulador, utilizando para ellos a diferentes expertos externos. De esta forma, con un trabajo coordinado y mediante el intercambio de experiencias entre los integrantes del grupo de trabajo, se habría conseguido integrar y coordinar a todo el profesorado implicado y que esto diera lugar a otro tipo de actuaciones más extensas e importantes y el principal reto era integrar áreas tan dispares y conseguir un desarrollo común.

Este reto, no solo se ha superado, sino que **el éxito ha sido inmenso** muy **superior a lo esperado**.

Para comenzar, se estableció una metodología de trabajo adaptada a la forma de trabajar de las distintas áreas implicadas que ha permitido establecer un marco de trabajo común basado en la implicación y solidaridad, donde todos los implicados aportan y todos trabajan en el mismo sentido.

Esto ha permitido bajo los requisitos establecidos en el proyecto, diseñar un simulador clínico para el entrenamiento de inyecciones subcutáneas pediátricas. Este simulador se ha basado en un diseño iterativo, buscando la mejor solución.

Se trabajó por separado en el diseño del músculo donde se hizo hincapié en la geometría así como en los parámetros de fabricación para conseguir las propiedades establecidas. En la Figura 1 se aprecia pruebas realizadas con FFF flexible modificando geometría interna y externa de la pieza. En la Figura 2, se aprecia el músculo final creado.



Figura 1. Pruebas realizadas con FFF flexible para conseguir propiedades mecánicas del músculo



Figura 2. Músculo final desarrollado

También se desarrolló la piel junto con el tejido adiposo. Se hicieron pruebas con moldes cerrados y abiertos (Figura 3) hasta conseguir una piel unida al tejido adiposo (Figura 4).



Figura 3. Pruebas realizadas con moldes abiertos y cerrados para conseguir la piel del simulador

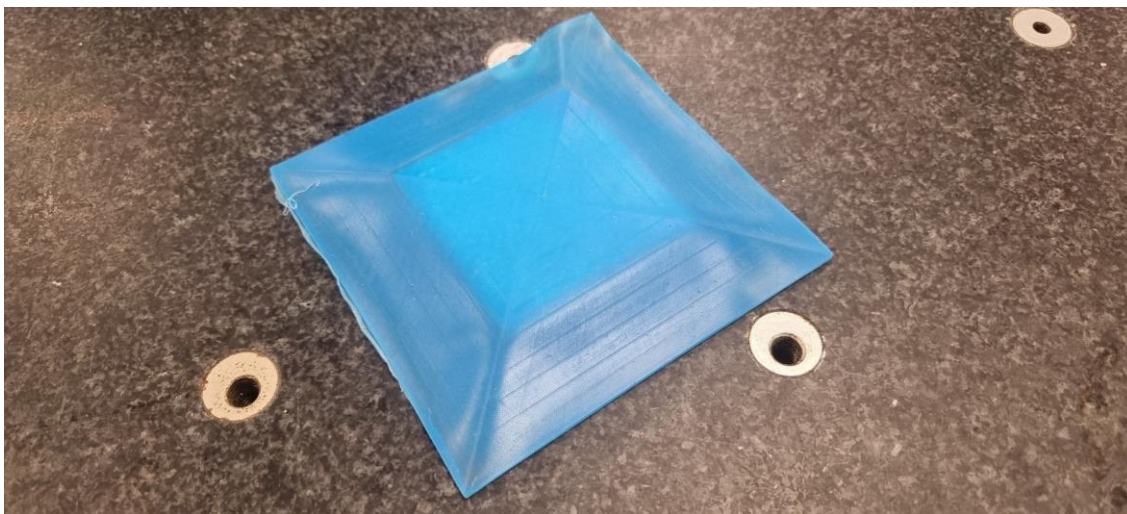


Figura 4. Piel unida a tejido adiposo final desarrollado

Para unir los dos elementos, se desarrolló una carcasa rígida que permitiera la sujeción de los elementos y que facilitara su uso. Se hicieron distintas pruebas hasta conseguir una estructura adaptada, de uso y ensamblado sencillo (Figura 5). Esta carcasa requirió de bastantes iteraciones hasta conseguir que todo quedara acoplado y que fuera lo más sencillo y ergonómico posible.



Figura 5. Distintas pruebas realizadas sobre la estructura rígida del simulador

Una vez hecho esto se puede obtener un simulador funcional, desarrollado desde cero por completo y que cumple los requisitos establecidos. En todos los pasos y en cada iteración, los expertos relacionados con la enfermería, han testado el realismo, las sensaciones y la fiabilidad de cada prototipo, los expertos

relacionados con ingeniería, han buscado la forma de dar solución técnica a los requerimientos clínicos sin que ello afectara a los requerimientos técnicos y los expertos de organización de empresa han velado por conseguir una solución viable desde el punto de vista de costes y fabricación. De esta forma se ha cumplido con la premisa de conseguir un trabajo concurrente lo que ha permitido obtener un prototipo validado internamente.

Sin embargo, no queríamos dejar el trabajo en un prototipo validado solo por los profesores integrantes en el grupo y se implicó a expertos que desarrollan su labor profesional día a día en entornos hospitalarios para conseguir su impresión y validación. Para ello, se desarrollaron dos Trabajos Fin de Grado, que realizaron la validación por expertos externos del Hospital “Puerta del Mar” de Cádiz. Con las opiniones recabadas, se realizó un rediseño y una versión final integrando las opiniones de estos expertos, hasta conseguir un prototipo real validado por expertos externos al proyecto (Figura 6). Posteriormente a esto, el prototipo fue testado por usuarios finales, es decir, estudiantes que buscan mejorar su destreza y usuarios que deben autoadministrarse insulina. El resultado del test en ambos casos fue excelente.



Figura 6. Simulador de inyección subcutánea pediátrica desarrollado. A la izquierda, modelo 3D renderizado. A la derecha, simulador fabricado.

Concluir que el desarrollo de este proyecto ha sido un éxito. El objetivo principal era la **coordinación entre el profesorado**, del Departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial y del Departamento de Enfermería y Fisioterapia y del Departamento Organización de Empresas, con la intención de **favorecer para el intercambio de prácticas y experiencias docentes**, que puedan beneficiar a los estudiantes, con el objetivo final de **desarrollar de simuladores clínicos “low cost”**. Y esto no solo se ha conseguido, sino que ha superado todas las expectativas ya que, aunque el proyecto podría quedar concluido con el desarrollo del Simulador de inyección subcutánea pediátrica, este desarrollo dio pie a otros simuladores que se han desarrollado al completo, cómo la inyección subcutánea para adulto (Figura 7) o el simulador para la extracción de sangre (Figura 8).

Pero además de eso, la excelente coordinación llevada a cabo permitió el desarrollo de un proyecto que fue presentado al concurso aTrÉBT! 2025 – XVII Edición del concurso de ideas y proyectos consiguiendo

un gran éxito. Esto ha permitido dar difusión de este proyecto no solo a toda la comunidad universitaria sino a toda la sociedad gaditana.

Para finalizar, comentar lo beneficioso de este proyecto que además ha sido un germen excelente sobre el que se ha cimentado una colaboración muy beneficiosa en la que se continua trabajando.

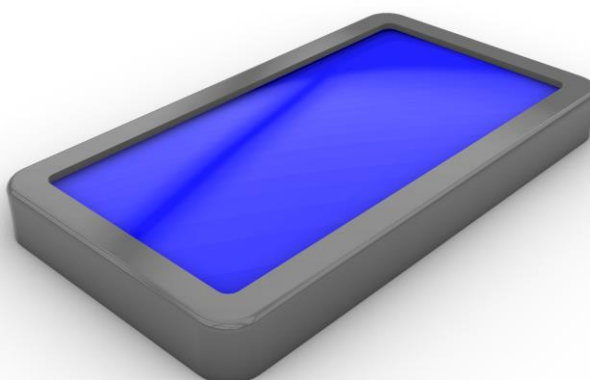


Figura 7. Simulador de inyección subcutánea en adultos

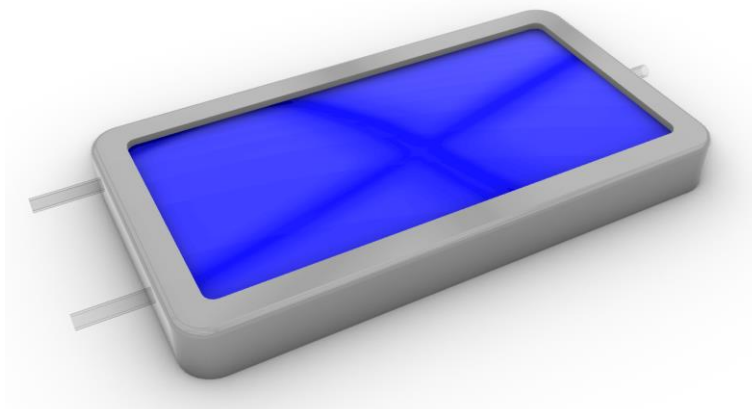


Figura 8. Simulador para la extracción de sangre

Objetivo nº 1	Diseño y desarrollo del prototipo
Actividades previstas:	- Generar un diseño de detalle del prototipo mediante modelado 3D - Desarrollar el prototipo, incluyendo los requisitos para su

	<i>fabricabilidad</i>
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	<i>Se han realizado las tareas al 100%.</i> <i>Siguiendo un proceso iterativo, se ha realizado el diseño de detalle de los simuladores utilizando técnicas de modelado tridimensional. Se ha desarrollado el prototipo al completo a partir de los requerimientos establecidos y se han optimizado la fabricación del simulador para hacerlo lo más barato y sostenible posible.</i>

Objetivo nº 2	Fabricación y prototipado del simulador
Actividades previstas:	- <i>Diseño del proceso de fabricación del prototipo</i> - <i>Generación de programas de fabricación</i> - <i>Fabricación de elementales</i> - <i>Ensamblado</i>
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	<i>Se han realizado las tareas al 100%.</i> <i>Se ha realizado el diseño completo del prototipo, se han generado todos los programas de fabricación y se han optimizado. Se han fabricado todas las partes de los simuladores y los elementos necesarios para su fabricación como los moldes y se ha estudiado la mejor forma para realizar el ensamblado del prototipo.</i>

Objetivo nº 3	Testeo y pruebas funcionales
Actividades previstas:	<i>Se realizarán pruebas funcionales de los simuladores por una serie de expertos del Área de Enfermería realizarán una serie de pruebas funcionales para comprobar la utilidad del simulador para el entrenamiento de las técnicas enfermeras para los que serán diseñados. Para ellos, los expertos evaluarán la fiabilidad del simulador clínico en la replicación de los pasos necesarios para la realización de la técnica simulada.</i>
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	<i>Se han realizado las tareas al 100%.</i> <i>Se han realizado pruebas funcionales en cada fase del proceso y para cada elemento. Además de eso, se han realizado pruebas externas por expertos externos que han ofrecido una información muy importante que ha permitido rediseñar el simulador y obtener un producto final.</i>

Objetivo nº 4	Provisión de simuladores clínicos “low-cost” para la
----------------------	---

	enseñanza práctica del Grado de Enfermería
Actividades previstas:	<i>Tras comprobar su utilidad, los simuladores fabricados serán utilizados en la enseñanza práctica del Grado de Enfermería. Concretamente, serán utilizados en los talleres de las asignaturas Enfermería Familiar y Comunitaria I y II. Esto repercutirá en ahorro de recursos para el Departamento de Enfermería y Fisioterapia y, por tanto, para la Universidad, dado que los simuladores clínicos comerciales suelen tener un coste elevado.</i>
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	<i>Se han realizado las tareas al 100%.</i> <i>Una vez obtenido el producto funcional, se pueden realizar tantas unidades como se desee, además el coste es muy bajo comparado con los simuladores comerciales.</i> <i>Los simuladores han sido probados y utilizados por los estudiantes que han reportado unas impresiones muy favorables. Además también ha sido probadas por usuarios y pacientes reales también ofreciendo impresiones muy favorables.</i>

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
Se colgarán los trabajos de los alumnos en formato vídeo en la plataforma IPF-tube, donde se publicitará los demostradores de los alumnos. Este contenido será público y retransmitido a toda la comunidad universitaria. De la misma forma, se pretende realizar una exposición de resultados tanto en la Escuela Superior de Ingeniería como en la Facultad de Enfermería y Fisioterapia una vez se disponga del prototipo final.
Descripción de las medidas que se han llevado a cabo
La importancia que ha ido adquiriendo este proyecto durante su desarrollo ha hecho que los canales de difusión previstos se hayan modificado. Así, no se ha realizado una difusión a dos centros de la universidad sino a toda la comunidad universitaria gracias a los canales de divulgación que el concurso aTrÉBT! 2025 ha puesto a nuestra disposición. Aún

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

así, de forma personal, se ha realiza una divulgación en la Escuela Superior de Ingeniería como en la Facultad de Enfermería y Fisioterapia a profesores interesados en el proyecto.

Cabe resaltar que, debido al gran impacto del proyecto, incluso se ha conseguido dar difusión de los resultados en medios locales (Programa de radio Cádiz Contigo de Onda Cádiz Radio) donde se ha evidenciado el gran impacto social del proyecto.

Aunque se debe puntualizar que, debido al auge que han tenido estos simuladores, se ha comenzado un proceso de patente y protección que ha impedido dar difusión en redes sociales o plataformas en streaming de estos simuladores como se habría previsto, algo que se hará una vez concluya el proceso de protección de estos simuladores.