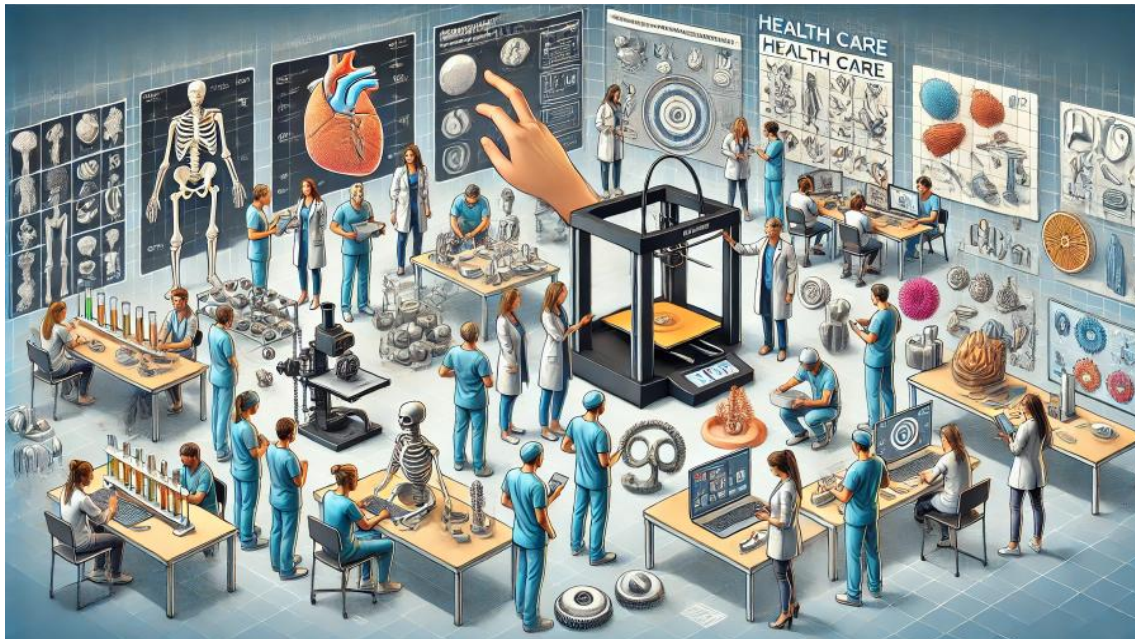




Modelos de participación centrados en el paciente para la implementación en herramientas de salud digital basadas en impresión 3D

Una guía para la Educación y Formación Profesional



Bonifratrskie
Centrum Medyczne



Co-funded by
the European Union

This work is licensed under CC BY-NC-SA 4.0

Training Educational Course on innovative HEALTHcare technologies.
KA210-VET - Small-scale partnerships in vocational education and training (KA210-VET).
Project Number: 2024-1-PL01-KA210-VET-000243362

Co-Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the Foundation for the Development of the Education System (FRSE). Neither the European Union nor FRSE can be held responsible for them.



Fundación
San Juan de Dios
Madrid

Gemma Escobar Aguilar
María Simarro González
Manuel Lara Romero
Pedro Chana Valero





Contenido

1. Definición de la atención centrada en el paciente	3
2. Participación del paciente en la salud digital	4
3. La participación del paciente en tecnologías asistenciales creadas mediante impresión 3D	5
4. Modelos de participación del paciente en tecnologías asistenciales basadas en impresión 3D	6
5. Estrategias para integrar la participación del paciente: Design Thinking	8
6. Estudio de casos	10
7. Desafíos y soluciones	13
8. Bibliografía	14



1. Definición de la atención centrada en el paciente

La participación del paciente representa una alianza esencial entre pacientes y profesionales de la salud, en la que ambas partes trabajan conjuntamente hacia el objetivo común de lograr los mejores resultados de salud posibles (1).

El modelo tradicional de prestación de servicios sanitarios, en el que el paciente es considerado un elemento pasivo y receptor de cuidados, resulta insuficiente para abordar los desafíos del sector sanitario (2). Para superar las limitaciones del sistema, es necesario adoptar un enfoque más participativo, de abajo hacia arriba (bottom-up) y abierto. La participación activa de los pacientes, sus familias y la comunidad a lo largo de todo el proceso de toma de decisiones — desde la identificación de necesidades hasta la implementación de soluciones— está claramente vinculada al éxito en el desarrollo de soluciones de salud y bienestar (2,3).

La participación del paciente en la atención sanitaria es un proceso activo y multifacético que implica una estrecha colaboración entre pacientes y profesionales de la salud. Este proceso está diseñado para empoderar a los pacientes, proporcionándoles el conocimiento, las habilidades y la confianza necesarios para tomar decisiones informadas sobre su salud. A través de un enfoque centrado en el paciente, el sistema sanitario se adapta para responder a las necesidades y preferencias únicas de cada individuo, garantizando que estos sean participantes activos en su propio cuidado (4).

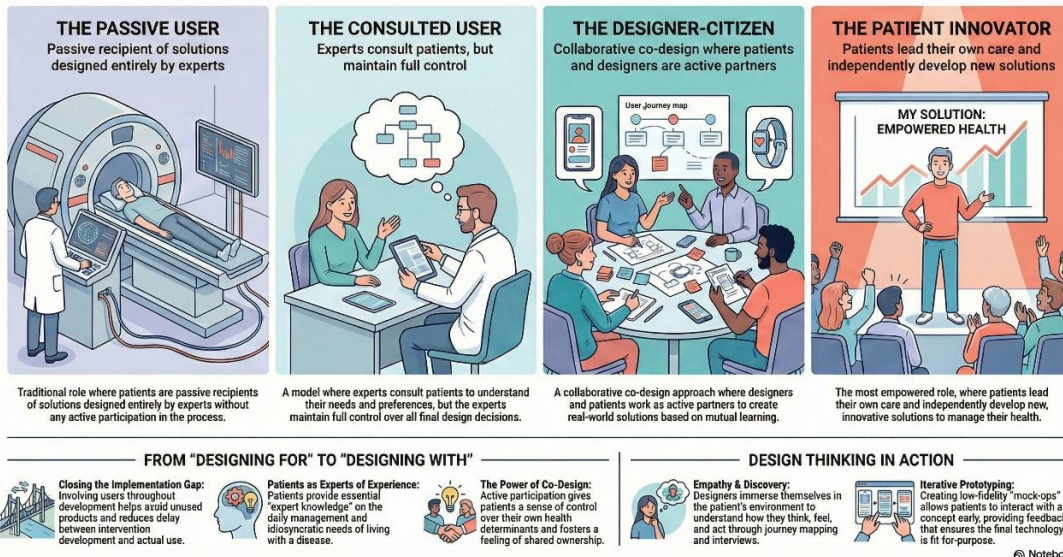
Uno de los pilares fundamentales de la participación del paciente es la toma de decisiones compartida (shared decision-making), que permite una colaboración directa entre el paciente y los profesionales sanitarios para elegir conjuntamente las opciones terapéuticas más adecuadas. Este enfoque no solo mejora la calidad de la atención, sino que también refuerza la autonomía del paciente y su satisfacción con el proceso asistencial (5).

La participación del paciente también se refleja en la promoción de comportamientos que favorecen la salud y en la autogestión activa de las enfermedades crónicas. Al implicar de forma proactiva a los pacientes en el cuidado de su salud, se facilita una mejor gestión de la enfermedad y se promueve un estilo de vida saludable, lo que puede tener un impacto positivo en los resultados clínicos. Este enfoque colaborativo no solo empodera a los pacientes, sino que también contribuye significativamente a la eficacia y eficiencia del sistema sanitario global (6).

La transformación emergente en el sector de la salud implica una transición desde pacientes pasivos hacia pacientes activos o expertos. Esta nueva figura del paciente deja de ser únicamente portadora de necesidades para convertirse en un motor de innovación dentro del sistema sanitario. El paciente experto puede gestionar de forma autónoma la prevención y el autodiagnóstico, y colaborar activamente con los profesionales de la salud o con el propio sistema en su proceso de atención (2,7,8).

La evidencia científica sugiere que la participación del paciente tiene efectos positivos, mejorando los resultados en salud, la adherencia terapéutica, la autoeficacia y el retorno de la inversión, además de otros beneficios como mejores resultados del tratamiento y mayor satisfacción del paciente. Existen distintos niveles de participación, que van desde la consulta hasta la colaboración. Cuando los pacientes participan como socios iguales, se genera valor y su contribución y colaboración se ven reforzadas y validadas (7,9).

The Evolution of the Patient: 4 Key Roles in the Digital Health Paradigm



2. Participación del paciente en la salud digital

En la era digital, la participación activa de los pacientes está redefiniendo el panorama de la atención sanitaria, mostrando mejoras significativas en los resultados clínicos en una amplia variedad de condiciones médicas. La integración de tecnologías digitales en la gestión de la salud ha permitido que los pacientes desempeñen un papel más activo y comprometido en su propio cuidado, lo cual es esencial para optimizar tanto la eficacia del tratamiento como la experiencia del paciente (10).

Un alto nivel de implicación de los pacientes en el uso de soluciones de salud digital ha demostrado ser fundamental para mejorar la adherencia al tratamiento y los resultados clínicos en áreas como los trastornos del crecimiento y las intervenciones quirúrgicas, incluyendo las prótesis articulares y la cirugía cardíaca. Además, esta participación activa se asocia con una reducción en la cancelación de cirugías y en la duración de las estancias hospitalarias (11).

En el ámbito de los procedimientos quirúrgicos, la participación del paciente a través de herramientas digitales no solo aumenta su satisfacción, sino que también contribuye a una recuperación más eficiente al reducir el uso global de los servicios sanitarios (12). En la gestión de enfermedades crónicas como la diabetes, la salud digital ha facilitado una mejor autogestión y ha promovido una mayor adherencia al tratamiento, lo que a su vez mejora significativamente la calidad de vida de los pacientes (13).

El impacto de la participación del paciente también se extiende al ámbito de la salud mental, donde una mayor interacción con intervenciones digitales se correlaciona positivamente con mejores resultados en salud mental (14). De manera similar, en enfermedades metabólicas como la enfermedad hepática grasa no alcohólica, los programas de salud digital bien estructurados han conducido a mejoras significativas en la pérdida de peso y en la salud cardiometabólica (15).

La salud digital también ha demostrado beneficios relevantes en personas mayores con multimorbilidad, ayudándoles a monitorizar sus síntomas y su bienestar, lo que se traduce en una reducción de las exacerbaciones y un aumento de la actividad física. Esta tecnología no solo permite a los pacientes comprender y gestionar mejor sus condiciones, sino que también favorece una mayor autonomía y empoderamiento en su cuidado diario (16).



Estos ejemplos ponen de manifiesto la importancia crucial de la participación del paciente en la implementación de soluciones de salud digital. Al empoderar a los pacientes para asumir un papel activo en su tratamiento, la salud digital no solo mejora los resultados clínicos y la eficiencia terapéutica, sino que también incrementa la satisfacción global y la calidad de vida de los pacientes. Este enfoque centrado en el paciente ilustra el potencial transformador de las tecnologías digitales en la atención sanitaria moderna.

3. La participación del paciente en tecnologías asistenciales creadas mediante impresión 3D

La impresión 3D ofrece numerosos beneficios tanto para los pacientes como para los profesionales sanitarios. Para los profesionales de la salud, mejora la planificación y ejecución quirúrgica, facilita la colaboración interdisciplinar y ofrece potenciales ahorros de costes junto con mejoras en la eficiencia. Para los pacientes, proporciona intervenciones médicas personalizadas, mejora los resultados quirúrgicos y refuerza la educación y el compromiso del paciente. Estas ventajas subrayan el potencial transformador de la impresión 3D en la atención sanitaria moderna (17).

La implicación del paciente en el contexto de la impresión 3D médica se refiere al proceso activo de involucrar a los pacientes en la toma de decisiones relacionadas con su propia atención sanitaria, especialmente en lo relativo al diseño y la fabricación de dispositivos médicos personalizados como prótesis, ortesis o implantes. Esto implica una comunicación continua entre pacientes y profesionales sanitarios para garantizar que los productos impresos en 3D se adapten a las necesidades, preferencias y expectativas individuales del paciente (18).

La implicación del paciente es crucial en la impresión 3D médica porque permite personalizar el tratamiento con un nivel de detalle previamente imposible, aumentando así la eficacia de los tratamientos y las intervenciones médicas. En el ámbito de las prótesis y ortesis, esta tecnología permite crear extremidades protésicas y soportes ortopédicos específicamente diseñados para cada paciente, garantizando un mejor ajuste, funcionalidad y comodidad (19). Esto no solo mejora los resultados estéticos, sino que también incrementa la satisfacción del paciente; como ocurre en el caso de las prótesis dentales impresas en 3D, que presentan ventajas como una mejor retención y confort en comparación con las convencionales, existiendo estudios que demuestran que la retención de las prótesis impresas en 3D, tanto a partir de moldes tradicionales como digitalizados, es superior (20).

La impresión 3D está redefiniendo la medicina moderna al situar al paciente en el centro del proceso asistencial. Transforma datos médicos abstractos en modelos concretos y personalizados, mejorando así la comunicación, la comprensión y la eficacia del tratamiento. Además, la impresión 3D potencia la educación y el compromiso del paciente al permitir la visualización de patologías y procedimientos, mejorando la comprensión del tratamiento; los clínicos reportan una mejora significativa en la comprensión por parte de los pacientes de su procedimiento o enfermedad (21).

En cardiología pediátrica, por ejemplo, los modelos de corazón impresos en 3D se han convertido en una herramienta esencial. Estos modelos permiten a los pacientes pediátricos y a sus familias visualizar las anomalías cardíacas y comprender los procedimientos quirúrgicos necesarios. Esta técnica no solo mejora la precisión en la planificación y ejecución quirúrgica, sino que también empodera a los pacientes y sus familias al involucrarlos activamente en el proceso de toma de decisiones, ayudándoles a comprender plenamente su situación médica y las intervenciones propuestas (22).



De manera similar, en el tratamiento de tumores espinales, los modelos impresos en 3D permiten explicar visualmente la localización y extensión del tumor, así como los detalles de la cirugía planificada. Esta visualización clara y tangible aumenta significativamente la confianza del paciente y fomenta un mayor compromiso con el tratamiento. Los pacientes pueden interactuar con modelos de su propia anatomía, lo que facilita un diálogo más abierto y detallado con los profesionales sanitarios y, por tanto, una toma de decisiones más informada y colaborativa (23).

En oncología urológica, los modelos de próstata impresos en 3D utilizados en prostatectomías radicales asistidas por robot ofrecen una doble ventaja: una mejor preparación del paciente y una mayor precisión quirúrgica. Estos modelos no solo educan al paciente sobre el procedimiento quirúrgico y la anatomía implicada, sino que también ayudan a los cirujanos a realizar intervenciones más precisas y seguras, lo que se traduce en mejores resultados clínicos y una recuperación más rápida (24).

La personalización de implantes y prótesis mediante impresión 3D en oftalmología y cirugía plástica demuestra otro nivel de implicación del paciente. La capacidad de diseñar prótesis perfectamente adaptadas no solo mejora la funcionalidad y el confort, sino que también responde a las expectativas estéticas de los pacientes. Esto no solo asegura una mejor integración del implante en la vida diaria del paciente, sino que también incrementa significativamente su satisfacción y calidad de vida (25).

Al empoderar a los pacientes con un conocimiento detallado y permitir su participación activa en los procedimientos médicos, la impresión 3D facilita intervenciones más seguras, precisas y adaptadas a las necesidades individuales, poniendo de manifiesto el potencial transformador de la implicación del paciente en la evolución futura de la atención sanitaria.

4. Modelos de participación del paciente en tecnologías asistenciales basadas en impresión 3D

En el ámbito de la atención sanitaria, la impresión 3D ha emergido como un elemento clave facilitador de los modelos de atención centrados en el paciente, especialmente en la creación de dispositivos asistenciales personalizados que mejoran significativamente la calidad de vida de los usuarios. La combinación del diseño centrado en el usuario (user-centered design) y las tecnologías de impresión 3D configura un enfoque innovador para el desarrollo de tecnologías asistenciales. Este enfoque se basa en la interacción continua entre ingenieros, diseñadores, terapeutas ocupacionales, usuarios finales y, en algunos casos, familiares. Este proceso interactivo resulta esencial tanto en las fases iniciales de diseño como a lo largo de las iteraciones, favoreciendo la mejora progresiva desde prototipos conceptuales hasta soluciones funcionales (26).

El diseño de tecnologías asistenciales mediante impresión 3D requiere un esfuerzo colaborativo y multidisciplinar en el que el conocimiento técnico y las herramientas de ingeniería se combinan con una comprensión profunda de las necesidades terapéuticas y del desempeño ocupacional del usuario. Este enfoque no solo incrementa la funcionalidad y accesibilidad de los dispositivos desarrollados, sino que también promueve la personalización y la innovación en soluciones asistenciales que responden realmente a las necesidades específicas de los usuarios.

El enfoque multidisciplinar no solo mejora el proceso de desarrollo de productos, sino que también favorece una mayor aceptación de los dispositivos asistenciales por parte de los usuarios, reduciendo las tasas de abandono y aumentando la eficiencia en el uso de los recursos. Al centrar el diseño en el usuario, la tecnología de impresión 3D en el ámbito asistencial



promueve una mayor independencia y mejora la calidad de vida, convirtiendo esta integración en una herramienta clave en la evolución de la atención sanitaria personalizada.

En el desarrollo de dispositivos asistenciales, la integración del diseño centrado en el usuario desde las primeras fases de conceptualización hasta la producción final es de máxima importancia. Esto incluye la aplicación de diversas técnicas y métodos de diseño, tales como: grupos focales (focus groups), talleres de diseño centrado en el usuario (UCD), encuestas y cuestionarios, estudios etnográficos y la Investigación-Acción Participativa (Participatory Action Research, PAR); todos ellos permiten la creación de prototipos y productos finales ajustados con precisión a las medidas y requerimientos de los usuarios (27).

Grupos focales (Focus Groups): Esta técnica reúne a pequeños grupos de pacientes para discutir y explorar sus experiencias y percepciones en relación con la atención sanitaria recibida. La dinámica grupal permite una discusión en profundidad, revelando necesidades y expectativas que podrían no ser evidentes en entornos más formales o en entrevistas individuales. Los grupos focales son especialmente útiles para obtener retroalimentación sobre nuevas propuestas de servicios o modificaciones de procedimientos existentes (28).

Talleres de diseño centrado en el usuario (User-Centered Design Workshops): Estos talleres implican directamente a los pacientes en el diseño de soluciones sanitarias que les afectan. A través de sesiones interactivas, los pacientes aportan su perspectiva única, lo que ayuda a diseñadores y profesionales sanitarios a crear servicios más intuitivos y accesibles. Esta colaboración directa garantiza que las soluciones finales no solo sean eficaces desde el punto de vista clínico, sino también aceptadas por los usuarios finales (29–34).

Encuestas y cuestionarios (Surveys and Questionnaires): Estas herramientas cuantitativas proporcionan datos sobre preferencias, comportamientos y satisfacción de los pacientes a gran escala. Son esenciales para evaluar la calidad de los servicios sanitarios e identificar áreas de mejora. Además, pueden diseñarse para un seguimiento a largo plazo, permitiendo a las instituciones sanitarias analizar cambios y tendencias a lo largo del tiempo (30, 35, 36).

Estudios etnográficos (Ethnographic Studies): Mediante observaciones detalladas y trabajo de campo, esta metodología permite a los investigadores sumergirse en la vida cotidiana de los pacientes. Los estudios etnográficos son especialmente valiosos para comprender cómo los pacientes gestionan sus condiciones en su entorno habitual, proporcionando información profunda que puede no ser visible en un contexto clínico (37).

Investigación-Acción Participativa (Participatory Action Research, PAR): La PAR es un enfoque colaborativo que implica a los pacientes no solo como sujetos de estudio, sino como co-investigadores activos. Este modelo fomenta una relación simbiótica entre investigadores y participantes, permitiendo el desarrollo de soluciones que reflejan verdaderamente las necesidades y expectativas de los pacientes. La PAR es especialmente eficaz en comunidades donde los cambios en la atención sanitaria pueden tener un impacto significativo a nivel cultural o social (38).

La implementación de modelos de atención centrados en el paciente no solo mejora los resultados clínicos, sino que también promueve una mayor implicación del paciente en su propio cuidado, lo cual es esencial en la era de la medicina personalizada. Estas metodologías garantizan que la atención sanitaria no solo sea accesible y eficaz, sino también más humana y adaptada a las necesidades individuales.



5. Estrategias para integrar la participación del paciente: Design Thinking

El Design Thinking es un enfoque de resolución de problemas centrado en las personas que tiene como objetivo generar soluciones innovadoras mediante la integración de las necesidades de las personas, las posibilidades tecnológicas y los requisitos para el éxito de una organización (39, 40). Se define como un proceso práctico, colaborativo e iterativo que prioriza la empatía profunda con el usuario, el trabajo en equipo en grupos multidisciplinares y el prototipado rápido orientado a la acción. A diferencia de los enfoques lineales tradicionales, el Design Thinking permite abordar problemas complejos (o “problemas perversos”, *wicked problems*), en los que las soluciones no son evidentes desde el inicio (41,42).

El proceso de Design Thinking puede compararse con el modelo del doble diamante (*double diamond*), que constituye una representación visual del proceso de diseño y guía el camino desde el descubrimiento y la definición de un problema hasta el desarrollo y la entrega de una solución significativa (43). Su estructura se basa en la alternancia de fases de pensamiento divergente (ampliar el enfoque para explorar) y pensamiento convergente (reducir el enfoque para tomar decisiones) (40,43). Este modelo se divide generalmente en dos grandes diamantes (40,43,44):

Primer diamante: el problema correcto

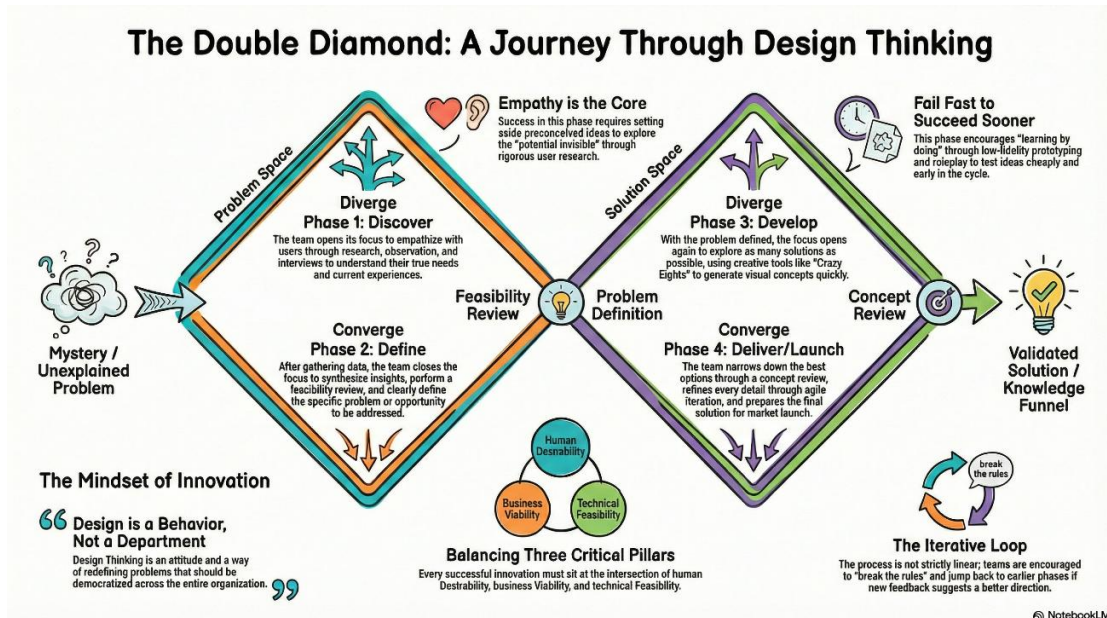
Este segmento se centra en comprender en profundidad el desafío antes de intentar resolverlo.

- **Descubrir (Discover – divergencia):** Esta fase implica ampliar el enfoque para empatizar con los usuarios, recopilar datos y observar su realidad con el fin de comprender sus necesidades latentes. En esta etapa se identifican “incógnitas” o problemas aún no claramente definidos.
- **Definir (Define – convergencia):** El objetivo es filtrar y sintetizar la información recopilada para alcanzar una definición clara del problema o del reto de diseño, asegurando que el equipo trabaja sobre la oportunidad adecuada tanto para el usuario como para la organización.

Segundo diamante: la solución correcta

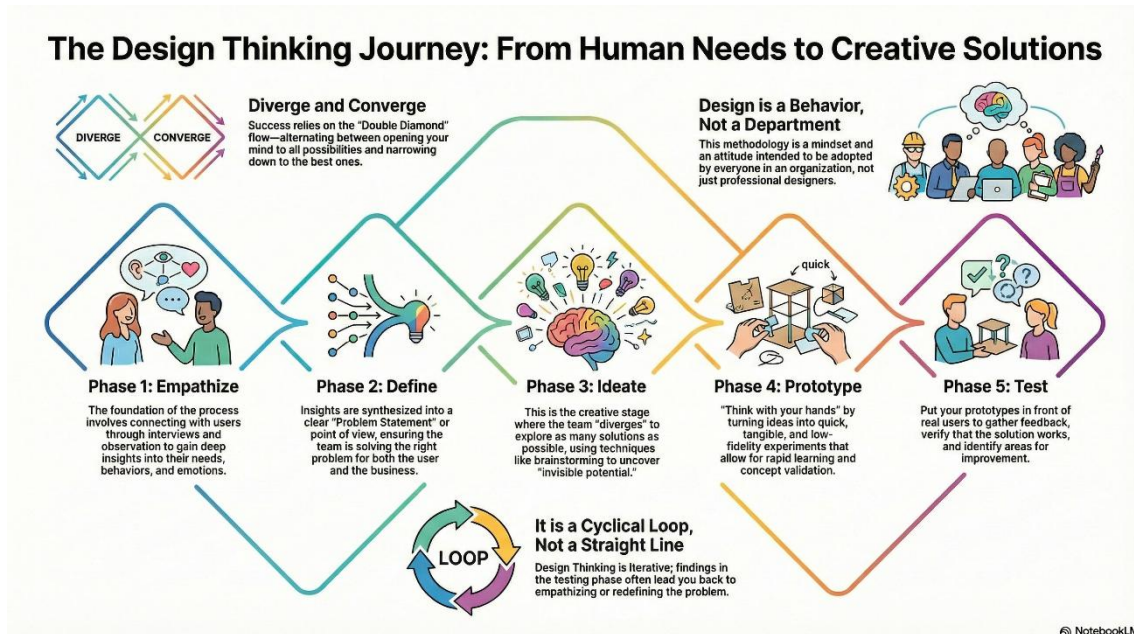
Una vez definido el problema, el proceso se repite para encontrar la mejor manera de resolverlo.

- **Desarrollar o idear (Develop/Ideate – divergencia):** Se vuelve a ampliar el abanico de posibilidades para generar el mayor número posible de soluciones creativas, prototipos rápidos y conceptos alternativos, sin evaluarlos inicialmente.
- **Lanzar o refinar (Launch/Refine – convergencia):** En esta fase final, las opciones se reducen seleccionando las ideas con mayor potencial, realizando pruebas con usuarios e iterando para perfeccionar todos los detalles antes de la implementación definitiva.



Seguindo este esquema, el proceso de Design Thinking se desarrolla a través de las siguientes fases:

- **Empatizar (Empathize):** Esta fase implica sumergirse profundamente en el mundo del usuario para comprender sus experiencias, emociones, motivaciones y desafíos (40, 42). Se emplean herramientas como entrevistas abiertas, observaciones contextuales y mapas de empatía para descubrir necesidades que los propios usuarios pueden no ser capaces de expresar (40, 45).
- **Definir (Define):** El objetivo es analizar y sintetizar la información recopilada en la fase de empatía para identificar el problema central (42). El reto se reformula desde la perspectiva del usuario, creando una definición clara, específica y accionable del problema (*problem statement*) o del desafío de diseño (39,40).
- **Idear (Ideate):** Esta etapa fomenta la generación masiva de soluciones creativas sin evaluar inicialmente su viabilidad (39,42). Se utilizan técnicas como la lluvia de ideas colaborativa (*brainstorming*) o el método "Crazy Eights" para explorar un amplio abanico de ideas, alternando entre pensamiento divergente y convergente (39,40).
- **Prototipar (Prototype):** Las ideas seleccionadas se transforman en representaciones tangibles, visibles y de bajo coste, como bocetos, modelos de cartón, *storyboards* o simulaciones (40,42). El objetivo es crear algo con lo que el usuario pueda interactuar para aprender rápidamente de los errores antes de realizar grandes inversiones (39,40).
- **Testear (Test):** Los prototipos se prueban con usuarios finales en su entorno real para recoger retroalimentación (42,46). Esta fase no constituye el final del proceso, sino una oportunidad para aprender, refinar la solución y, si es necesario, volver a etapas anteriores para ajustar el diseño en función de lo que realmente funciona para la persona (39,47).



En el contexto hospitalario y de la atención sanitaria, el prototipado de bajo coste (o prototipado de baja fidelidad) constituye una fase fundamental del Design Thinking, cuyo objetivo es transformar ideas en representaciones tangibles y asequibles para “fallar rápido y barato” antes de realizar grandes inversiones. La impresión 3D es una de las herramientas de tecnología digital que permite este prototipado rápido y de bajo coste, por lo que su utilización conjunta con el usuario ofrece numerosas ventajas (48).

6. Estudio de casos

La siguiente tabla presenta algunos ejemplos en los que se han utilizado técnicas de Design Thinking para co-crear dispositivos asistenciales junto con los usuarios, empleando la impresión 3D para el prototipado de soluciones.



Autor	Tema	Empatizar	Definir	Idear	Prototipar	Testear
Aflatoony, 2021 (29)	Co-diseño de tecnologías asistenciales (AT) impresas en 3D con terapeutas ocupacionales (OT), diseñadores y usuarios finales	PW 1: evaluación clínica integral de las capacidades del usuario, limitaciones y objetivos; los OT identificaron soluciones AT disponibles que respondían a las necesidades del usuario	PW 2: prototipado de baja fidelidad (low fidelity) mediante impresión 3D tipo DIY; los usuarios finales colaboran con los OT en el co-diseño de prototipos AT	PW 3: los diseñadores industriales actúan como facilitadores técnicos, traduciendo los prototipos en soluciones AT tangibles	PW 4: los diseñadores, como “design thinkers”, generan ideas activamente, identifican necesidades y desarrollan prototipos AT personalizados	Experiencias, fortalezas y debilidades: grupos focales y entrevistas semiestructuradas; resultado del uso del dispositivo: legibilidad de la escritura del usuario
Benham, 2023 (35)	Accesibilidad de dispositivos móviles mediante elementos impresos en 3D para personas con discapacidad física	Entrevistas iniciales y análisis del uso previo de AT	Entrevistas iniciales: necesidades de accesibilidad del dispositivo móvil identificadas por los propios usuarios	Selección de diseños del catálogo y personalización con el equipo	En 1–2 semanas, el dispositivo fue personalizado e impreso en 3D utilizando Creality Ender-3: soportes, punteros y adaptadores	Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Device (QUEST 2.0); Canadian Occupational Performance Measure (COPM)
Dreessen, 2017 (49)	FabLab como facilitador para la fabricación personal de herramientas para la autogestión de la diabetes	Análisis de problemas cotidianos: participantes con diabetes tipo 1 mapearon su experiencia en el uso de herramientas de autocuidado junto con diseñadores	Observaciones participativas y entrevistas con endocrinólogo que permitieron profundizar en la comprensión del problema	Diseñadores y participantes desarrollaron conjuntamente escenarios de solución, posteriormente transformados en vídeos utilizados en el FabLab	Dos prototipos impresos en 3D: sistema para enrollar el catéter y sistema de clip para fijación al cuerpo, desarrollados mediante talleres iterativos de diseño participativo (PD)	Pruebas en la vida diaria del usuario
Higgins, 2022 (33)	Creación de tecnologías asistenciales impresas en 3D mediante atajos de diseño	Usuarios reales colaboraron con equipos de estudiantes de fisioterapia (PT) en el modelado y diseño de dispositivos	Traducción de necesidades clínicas en retos de diseño y comunicación con los creadores	Ideación liderada por estudiantes junto con usuarios, utilizando modelos de arcilla y papel	Prototipos impresos en 3D (adaptadores para lápices, férulas de muñeca, pesos cilíndricos para fortalecimiento, adaptadores para cubiertos)	Retroalimentación directa sobre el confort y la funcionalidad de los dispositivos AT finales
Howard, 2024 (30)	Evaluación del uso del co-diseño para desarrollar soluciones AT personalizadas en un servicio sanitario	Identificación de problemas cotidianos de los usuarios en la comunidad por OT y fisioterapeutas	Priorización de retos relacionados con las actividades de la vida diaria (AVD)	Generación de soluciones con los usuarios mediante bocetos y prototipos de baja fidelidad	Prototipos funcionales desarrollados a través de un proceso iterativo de diseño de dispositivos	Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Device (QUEST 2.0); Psychosocial Impact of Assistive Devices Scale (PIADS)
Thorsen, 2019 (50)	Del paciente al creador. Estudio de caso	La participante describió sus limitaciones y retos, así como una lista de actividades de la vida diaria (AVD) en las que deseaba alcanzar autonomía	Análisis de dificultades en AVD mediante el cuestionario IPPA	Co-diseño remoto mediante edición CAD en tiempo real	Mango ergonómico impreso en TPU	Individually Prioritized Problem Assessment (IPPA)
Thorsen, 2024 (51)	Del paciente al creador. Personas con parálisis cerebral	Observación de actividades diarias de los participantes mediante vídeos	Análisis de patrones de movimiento, agarre y hábitos alimentarios a partir de los vídeos	Proceso de fabricación digital que incluye software CAD, programa de laminado (slicer), impresora 3D y videoconferencias; múltiples iteraciones	Soporte para cuchara/tenedor	Individually Prioritized Problem Assessment (IPPA); Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Device (QUEST 2.0)

AT: tecnologías asistenciales; OT: terapeutas ocupacionales; PW: talleres participativos; DIY: hazlo tú mismo; PD: diseño participativo; PT: fisioterapia; AVD: actividades de la vida diaria; CAD: diseño asistido por ordenador; TPU: poliuretano termoplástico.



7. Desafíos y soluciones

El uso de la impresión 3D (o fabricación aditiva) en la co-creación de tecnologías asistenciales (AT) representa un cambio de paradigma, permitiendo la transición desde soluciones genéricas hacia dispositivos personalizados. No obstante, su implementación a mayor escala dentro de los servicios sanitarios enfrenta desafíos significativos que requieren soluciones estructuradas tanto a nivel técnico como organizativo (37, 38).

Entre los desafíos técnicos en la implementación de tecnologías asistenciales impresas en 3D se incluyen errores de impresión y limitaciones de los materiales, que pueden abordarse mediante la mejora del proceso de diseño y la selección adecuada de materiales. Las implicaciones económicas, como el alto coste de la tecnología de impresión 3D, suponen un reto inicial; sin embargo, estos costes suelen compensarse con la reducción del tiempo en el quirófano y la mejora de los resultados quirúrgicos. Asimismo, la falta de protocolos estandarizados y directrices regulatorias sigue siendo un desafío, lo que requiere futuras investigaciones y colaboración para establecer buenas prácticas y marcos normativos que garanticen un uso seguro y eficaz de la impresión 3D en aplicaciones médicas (52).

La integración de la tecnología de impresión 3D en la práctica médica ha demostrado un notable éxito en la mejora de tratamientos personalizados y de los resultados clínicos. Abordar los desafíos técnicos, económicos y regulatorios mediante la investigación continua y la innovación permitirá potenciar aún más las capacidades de la impresión 3D en el ámbito sanitario (53).

Desafíos en el uso de la impresión 3D y la co-creación

- **Brecha de competencias técnicas:** Muchos terapeutas y profesionales sanitarios carecen de la formación necesaria en diseño asistido por ordenador (CAD) y fabricación digital. Esto limita la complejidad de los dispositivos que pueden desarrollar y genera incertidumbre sobre su seguridad.
- **Altas tasas de abandono:** Los dispositivos suelen ser abandonados si no se tiene en cuenta la opinión del usuario, si su rendimiento es deficiente o si presentan una estética “medicalizada” que puede resultar estigmatizante y hacer que el entorno doméstico se perciba como un hospital.
- **Presión de tiempo y recursos:** El proceso de co-diseño puede ser complejo y consumir mucho tiempo para los profesionales clínicos, incrementando los costes de personal. Además, los sistemas sanitarios suelen operar con presupuestos limitados y escasez de recursos humanos.
- **Regulación y responsabilidad:** Existe una considerable incertidumbre y dificultad para navegar por los marcos regulatorios de los dispositivos médicos. Los profesionales temen asumir responsabilidades legales en caso de fallo del dispositivo, especialmente si este ha sido modificado o creado por ellos mismos.
- **Limitaciones técnicas de la impresión 3D:** Procesos como el modelado por deposición fundida (FDM) pueden generar una cantidad significativa de residuos (por ejemplo, soportes) y requieren procesos de postprocesado prolongados. Una baja calidad en el acabado final puede desmotivar al usuario.



Soluciones propuestas

- **Metodologías de diseño estructuradas:** Se propone el uso de modelos como Design Thinking u otros enfoques que sistematicen el proceso en fases, integrando diseñadores, profesionales sanitarios y usuarios, con un proceso de evaluación continua.
- **Plataformas digitales y repositorios:** Creación de bases de datos centralizadas y fáciles de usar que permitan compartir diseños existentes. Esto facilita la reutilización y modificación de modelos previos, reduciendo significativamente el tiempo de diseño y los costes asociados.
- **Empoderamiento del usuario (diseño centrado en el usuario):** Involucrar al paciente desde el inicio para definir objetivos y gestionar expectativas. Esto genera un vínculo emocional con el dispositivo y aumenta la motivación durante el proceso de adaptación.
- **Simplificación del software:** Desarrollo de herramientas CAD más intuitivas para personas sin formación en diseño (“no diseñadores”) y establecimiento de procedimientos validados que garanticen la seguridad mecánica y el cumplimiento de estándares de higiene.
- **Evaluación integral:** Combinación de evaluaciones cualitativas con pruebas técnicas de resistencia y funcionalidad para asegurar la calidad terapéutica del dispositivo antes de su implementación final.



8. Bibliografia

1. Harrington RL, Hanna ML, Oehrlein EM, Camp R, Wheeler R, Cooblall C, et al. Defining Patient Engagement in Research: Results of a Systematic Review and Analysis: Report of the ISPOR Patient-Centered Special Interest Group. *Value Health*. 2020;23(6):677-88.
2. Maffei S, Bianchini M, Parini B, Delli Zotti E. *Make to Care. An ecosystem of user-centred actors for innovation in healthcare sector*. Libraccio Editore. 2017
3. Roberts JP, Fisher TR, Trowbridge MJ, Bent C. A design thinking framework for healthcare management and innovation. *Healthcare*. 2016; 4 (1):11-14.
4. Clavel N, Paquette J, Dumez V, Del Grande C, Ghadiri DPS, Pomey MP, et al. Patient engagement in care: A scoping review of recently validated tools assessing patients' and healthcare professionals' preferences and experience. *Health Expect*. 2021;24(6):1924-35.
5. Hickmann E, Richter P, Schlieter H. All together now - patient engagement, patient empowerment, and associated terms in personal healthcare. *BMC Health Serv Res*. 2022;22(1):1116.
6. Simmons LA, Wolever RQ, Bechard EM, Snyderman R. Patient engagement as a risk factor in personalized health care: a systematic review of the literature on chronic disease. *Genome Med*. 2014;6(2):16.
7. Sundaramurthy T, Mathews S, Bermudez E, Mahajan SM. Patient engagement and co-creation in health-care services: a scoping review. *Patient Experience Journal*. 2024; 11(3) 215-245
8. Kanstrup AM, Bertelsen P, Nohr C. Patient innovation: an analysis of patients' designs of digital technology support for everyday living with diabetes. *Health Inf Manag*. 2015; 44(1):12-20.
9. Simmons LA, Wolever RQ, Bechard EM, Snyderman R. Patient engagement as a risk factor in personalized health care: a systematic review of the literature on chronic disease. *Genome Med*. 2014; 6(2):16.
10. Spataru A, Quarteroni S, Arnaud L, van Dommelen P, Koledova E, Le Masne Q. High Engagement of Patients Monitored by a Digital Health Ecosystem Indicates Significant Improvements of Key r-hGH Treatment Metrics. *Stud Health Technol Inform*. 2021; 281:829-33.
11. Milliren CE, Lindsay B, Biernat L, Smith TA, Weaver B. Can digital engagement improve outcomes for total joint replacements? *Digit Health*. 2022; 8:20552076221095322.
12. Han HR, Gleason KT, Sun CA, Miller HN, Kang SJ, Chow S, et al. Using Patient Portals to Improve Patient Outcomes: Systematic Review. *JMIR Hum Factors*. 2019;6(4): e15038.
13. Alturkistani A, Qavi A, Anyanwu PE, Greenfield G, Greaves F, Costelloe C. Patient Portal Functionalities and Patient Outcomes Among Patients with Diabetes: Systematic Review (Preprint). En 2020 [cited 15th december 2024]. Available: <http://preprints.jmir.org/preprint/18976>
14. Paydar S, Emami H, Asadi F, Moghaddasi H, Hosseini A. Functions and Outcomes of Personal Health Records for Patients with Chronic Diseases: A Systematic Review. *Perspectives in health information management [Internet]*. 2021 [cited 15th december 2024]; Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/Functions-and-Outcomes-of-Personal-Health-Records-A-Paydar-Emami/9437576bb8043d979da5545968b49cea4fa53e4f>
15. Brands MR, Haverman L, Muis JJ, Driessens MHE, Meijer S, Van Der Meer FJM, et al. Toward Personalized Care and Patient Empowerment and Perspectives on a Personal Health Record in Hemophilia Care: Qualitative Interview Study. *JMIR Hum Factors*. 2024;11: e48359.



16. Sheng Y, Bond R, Jaiswal R, Dinsmore J, Doyle J. Augmenting K-Means Clustering with Qualitative Data to Discover the Engagement Patterns of Older Adults with Multimorbidity When Using Digital Health Technologies: Proof-of-Concept Trial. *J Med Internet Res.* 2024;26: e46287.
17. Tack P, Victor J, Gemmel P, Annemans L. 3D-printing techniques in a medical setting: a systematic literature review. *Biomed Eng Online.* 2016;15(1):115.
18. Spencer SR, Kay Watts L. Three-Dimensional Printing in Medical and Allied Health Practice: A Literature Review. *J Med Imaging Radiat Sci.* 2020;51(3):489-500.
19. Zahid MJ, Mavani P, Awuah WA, Alabdulrahman M, Punukollu R, Kundu A, et al. Sculpting the future: A narrative review of 3D printing in plastic surgery and prosthetic devices. *Health Sci Rep.* 2024;7(6): e2205.
20. Abdelnabi MH, Swelem AA. 3D-Printed Complete Dentures: A Review of Clinical and Patient-Based Outcomes. *Cureus.* 2024;16(9): e69698.
21. Diment LE, Thompson MS, Bergmann JHM. Clinical efficacy and effectiveness of 3D printing: a systematic review. *BMJ Open.* 2017;7(12): e016891.
22. Illmann CF, Hosking M, Harris KC. Utility and Access to 3-Dimensional Printing in the Context of Congenital Heart Disease: An International Physician Survey Study. *CJC Open.* 2020;2(4):207-13.
23. Leary OP, Crozier J, Liu DD, Niu T, Pertsch NJ, Camara-Quintana JQ, et al. Three-Dimensional Printed Anatomic Modeling for Surgical Planning and Real-Time Operative Guidance in Complex Primary Spinal Column Tumors: Single-Center Experience and Case Series. *World Neurosurg.* 2021;145: e116-26.
24. Coles-Black J, Ong S, Teh J, Kearns P, Ischia J, Bolton D, et al. 3D printed patient-specific prostate cancer models to guide nerve-sparing robot-assisted radical prostatectomy: a systematic review. *J Robot Surg.* 2023;17(1):1-10.
25. Sommer AC, Blumenthal EZ. Implementations of 3D printing in ophthalmology. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2019;257(9):1815-22.
26. Design for assistive technology oriented to design methodology: a systematic review on user-centered design and 3D printing approaches. *Semantic Scholar [Internet].* [cited 15th december 2024]. Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/Design-for-assistive-technology-oriented-to-design-Santos-Silveira/bec77112053e721076258ce25e6a37b654f203de>
27. Santos A, Silveira Z. Design for assistive technology oriented to design methodology: a systematic review on user-centered design and 3D printing approaches. *J Braz. Soc. Mech. Sci. Eng.* 2021; 43: 483. <https://doi.org/10.1007/s40430-021-03184-1>
28. Rasmussen KM, Stewart BC, Janes WE. Feasibility of customized 3D-printed assistive technology within an existing multidisciplinary amyotrophic lateral sclerosis clinic. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2023; 18(8): 1466-1472. doi: 10.1080/17483107.2022.2034996.
29. Aflatoony L, Lee SJ, Sanford J. Collective making: Co-designing 3D printed assistive technologies with occupational therapists, designers, and end-users. *Assist Technol.* 2023;35(2):153-162. doi: 10.1080/10400435.2021.1983070.
30. Howard J, Tasker LH, Fisher Z, Tree J. Assessing the use of co-design to produce bespoke assistive technology solutions within a current healthcare service: a service evaluation. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2024;19(1):42-51. doi: 10.1080/17483107.2022.2060355.
31. Janson R, Burkhart K, Firchau C, Hicks K, Pittman M, Yopps M, Hatfield S, Garabrant A. Three-dimensional printed assistive devices for addressing occupational performance issues of the hand: A case report. *J Hand Ther.* 2020;33(2):164-169. doi: 10.1016/j.jht.2020.03.025.



32. Pousada García T, Garabal-Barbeira J, Porto Trillo P, Vilar Figueira O, Novo Díaz C, Pereira Loureiro J. A Framework for a New Approach to Empower Users Through Low-Cost and Do-It-Yourself Assistive Technology. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(6):3039. doi: 10.3390/ijerph18063039.
33. Higgins E, William B, Karen L, Hurst A, Hamidi F. reating 3D Printed Assistive Technology Through Design Shortcuts: Leveraging Digital Fabrication Services to Incorporate 3D Printing into the Physical Therapy Classroom: Leveraging Digital Fabrication Services to Incorporate 3D Printing into the Physical Therapy Classroom. *Association for Computing Machinery*. 2022; 34. doi:10.1145/3517428.3544816
34. Thorsen R, Bortot F, Caracciolo A. From patient to maker -a case study of co-designing an assistive device using 3D printing. *Assist Technol*. 2021;33(6):306-312. doi: 10.1080/10400435.2019.1634660.
35. Benham S, Milstrey B, Stemple J, Davis J, Scatena D, Bush J, Kolakowsky-Hayner S, Amy K. Mobile device accessibility with 3D printed devices for individuals with physical disabilities. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2024;19(6):2279-2284. doi: 10.1080/17483107.2023.2280244.
36. Wessels R, de Witte L, Andrich R, et al. IPPA, a user-centred approach to assess effectiveness of Assistive Technology provision. *Technology and Disability*. 2000;13(2):105-115. doi:10.3233/TAD-2000-13203
37. Howard J, Cloke S, Eggbeer D, Beverley K. Discovering the barriers to scaling a co-design approach for the provision of custom assistive technology within healthcare services. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2025; 20(4): 833-844. doi: 10.1080/17483107.2024.2406443.
38. Santos A, Silveira Z. AT-d8sign: methodology to support development of assistive devices focused on user-centered design and 3D technologies. *J Braz. Soc. Mech. Sci. Eng*. 2020; 42, 260. <https://doi.org/10.1007/s40430-020-02347-w>
39. Bravo K, Welniak TJ, Kallio J. Design Thinking in Healthcare UNMC Guideline (DTHUNmC). *Computers, Informatics, Nursing*. DOI: 10.1097/CIN.0000000000001430
40. Janhagen, V. Design thinking ha muerto. Larga vida al design thinking. *Idean Capgemini Invent*. Madrid: 2019. Available: www.idean.com/invent-es
41. Altman M, Huang TT, Breland JY. Design Thinking in Health Care. *Prev Chronic Dis* 2018;15: 180128. DOI: <https://doi.org/10.5888/pcd15.180128>.
42. Leary, M., Cacchione, P. Z., Demiris, G., Carthon, J. M. B., & Bauermeister, J. A. An integrative review of human-centered design and design thinking for the creation of health interventions. *Nursing Forum*. 2022; 57(6): 1137-1152. <https://doi.org/10.1111/nuf.12805>
43. Valentine L, Kroll T, Bruce F, Lim C, Mountain R. Design Thinking for Social Innovation in Health Care. *DESIGN JOURNAL*. 2017; 20(6): 755-774. DOI: 10.1080/14606925.2017.1372926
44. Gasca J, Zaragoza R. ¿Qué es el desing thinking?. *ThinkersCo*. 2018
45. Roberts JP, et al. A design thinking framework for healthcare management and innovation. *Healthcare*. 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.hjdsi.2015.12.002i>
46. Voorheis P, Zhao A, Kuluski K, Pham Q, Scott T, Sztur P, Khanna N, Ibrahim M, Petch J. Integrating Behavioural Science and Design Thinking to Develop Mobile Health Interventions: Systematic Scoping Review. *JMIR Mhealth Uhealth* 2022;10(3): e35799 doi:10.2196/35799
47. Faber JS, Poot CC, Dekkers T, Romero Herrera N, Chavannes NH, Meijer E, Visch VT. Developing a Digital Medication Adherence Intervention for and With Patients with Asthma



- and Low Health Literacy: Protocol for a Participatory Design Approach. JMIR Form Res. 2023;7: e35112. doi: [10.2196/35112](https://doi.org/10.2196/35112)
48. Kveller C, Jakobsen AM, Larsen NH, Lindhardt JL, Baad-Hansen T. First experiences of a hospital-based 3D printing facility - an analytical observational study. BMC Health Serv Res. 2024;24(1):28.
49. Dreessen K, Schoffelen J, Leen D, Piqueray O. Great Expectations and Big Challenges: A FabLab as facilitator for personal fabrication of tools to self-manage diabetes. All Makers Now? Conference Journal Falmouth University. 2014; 1.
50. Thorsen R, Bortot F, Caracciolo A. From patient to maker - a case study of co-designing an assistive device using 3D printing. Assistive Technology. 2019. DOI: 10.1080/10400435.2019.1634660
51. Thorsen R, Cugnod D, Ramella M, Converti RM, Ferrarin M. From patient to maker - a workflow including people with cerebral palsy in co-creating assistive devices using 3D printing technologies. Disability and Rehabilitation: Assistive Technology. 2024; 19 (4); 1358-1368. DOI: 10.1080/17483107.2023.2177754
52. Schwartz JK, Fermin A, Fine K, Iglesias N, Pivarnik D, Struck S, et al. Methodology and feasibility of a 3D printed assistive technology intervention. Disabil Rehabil Assist Technol. 2020;15(2):141-7.
53. Patralekh MK, Lal H. 3D printing in orthopedic trauma. En Elsevier; 2020 [cited 15th december 2024]. P. 483-92. Available: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128191781000472>



Fundación
San Juan de Dios
Madrid

*Gemma Escobar Aguilar
María Simarro González
Manuel Lara Romero
Pedro Chana Valero*