

Una guía práctica de cinco fases para el
diseño circular de dispositivos médicos

Curar sin dañar

Diseñar dispositivos
médicos circulares

Colofón

Curar sin dañar: Diseñar dispositivos médicos circulares
Una guía práctica de cinco fases para el diseño circular de dispositivos médicos

Autores / colaboradores:

Tamara Hoveling, Cecile Cuijpers, Magdalena Mairhofer, Han Buck, Nouk van Dingstee, Charlotte van Kats
Jeremy Faludi, Jan-Carel Diehl, Conny Bakker

Facultad de Ingeniería de Diseño Industrial, Universidad Tecnológica de Delft, Países Bajos.

Revisor:

Jamil Badloe, Maria Anta

ISBN: 978-94-6518-433-3

Copyright: Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) a menos que se indique lo contrario ©2026 publicado por Delft University of Technology en nombre de los autores

Hay una versión impresa de este libro disponible: ISBN 978-94-6563-018-2

Diseño gráfico: Monique Giling, MGO-studio

Financiación: Esta investigación se enmarca en el proyecto DiCE (salud digital en la economía circular), financiado por la Unión Europea en virtud del acuerdo de subvención número 101060184. Las opiniones expresadas son, sin embargo, únicamente las del autor o autores y no reflejan necesariamente las de la Unión Europea ni las de la Agencia Ejecutiva Europea de Investigación (REA). Ni la Unión Europea ni la autoridad que concede la subvención pueden ser consideradas responsables de ellas.

Descargo de responsabilidad: Se ha hecho todo lo posible para asegurar que se haya determinado la fuente correcta de las imágenes y demás material potencialmente protegido por derechos de autor, y que todo el material incluido en este libro se haya atribuido y utilizado de acuerdo con su licencia. Si cree que alguna parte del material infringe los derechos de autor de otra persona, póngase en contacto con <author@tudelft.nl>.



**Funded by
the European Union**

Curar sin dañar

Diseñar dispositivos
médicos circulares



Hacer de la sostenibilidad
una prioridad en la asistencia sanitaria

Propósito y aplicación

Acerca de esta guía

El cambio climático es un desafío apremiante y la asistencia sanitaria es uno de los principales factores que contribuyen a él. En esta guía, los desarrolladores de tecnología médica aprenderán cómo reducir el impacto ambiental de los dispositivos médicos, mejorando la eficiencia de los recursos y el valor a largo plazo, sin dejar de mantener la calidad clínica.

Cómo apoya su trabajo esta guía

Trabajar con esta guía permite comparar los ciclos de vida lineales y circulares de los dispositivos y sus impactos ambientales, aplicar estrategias circulares y criterios de diseño para desarrollar dispositivos más sostenibles, identificar los puntos críticos ambientales clave para lograr el máximo impacto, explorar enfoques para extender la vida útil de los dispositivos y desarrollar estrategias para superar las barreras más comunes.

Alcance y limitaciones

Toda la investigación utilizada para desarrollar esta guía se llevó a cabo en Europa y Estados Unidos. En consecuencia, las directrices reflejan los marcos regulatorios, los sistemas de asistencia sanitaria y las condiciones del mercado específicos de estas regiones, y es posible que no sean directamente aplicables a otros contextos geográficos o de asistencia sanitaria sin una adaptación adicional.

Usuarios previstos

Profesionales involucrados en el desarrollo y la gestión del ciclo de vida de dispositivos médicos que se identifiquen con al menos uno de los roles que se describen a continuación.

-  **Diseño y ingeniería**
Responsable de convertir las necesidades clínicas en diseños de dispositivos médicos fabricables y más circulares, incluidas las decisiones sobre estructura, modularidad y reparabilidad.
-  **Negocio y estrategia**
Responsable de alinear las soluciones circulares para dispositivos médicos con los objetivos de la organización, la viabilidad económica y la creación de valor a largo plazo a través del modelo de negocio y el desarrollo del mercado.
-  **Impacto y sostenibilidad**
Responsable de evaluar y reducir los impactos ambientales y sociales a lo largo del ciclo de vida del dispositivo médico utilizando métodos de evaluación circular y de sostenibilidad.
-  **Regulación y calidad**
Responsable de garantizar que los dispositivos médicos y las estrategias circulares cumplan con las regulaciones, los estándares de seguridad y los requisitos de gestión de riesgos a lo largo del ciclo de vida del producto (o dispositivo).
-  **Operaciones y cadena de suministro**
Responsable de gestionar la producción, la logística, las adquisiciones y los flujos inversos para permitir una circulación segura y eficiente de dispositivos y materiales médicos a lo largo de su ciclo de vida.
-  **Clínica y usuario final**
Proporciona información sobre el uso en el mundo real de los dispositivos médicos en entornos clínicos y de atención domiciliaria, garantizando la usabilidad, la eficacia y la aceptación.

Los usuarios deben identificarse con uno o más de los seis roles definidos en esta guía.

Cada rol se repite a lo largo de la guía para garantizar una clara responsabilidad y rendición de cuentas en cada fase.

«Más del 80 % del impacto ambiental de un producto se determina en la fase de desarrollo».

European Commission

La asistencia sanitaria tiene como objetivo mejorar los resultados en materia de salud, pero los sistemas, productos y procesos que posibilitan dicha asistencia también generan importantes impactos ambientales. Estos impactos contribuyen cada vez más a los riesgos para la salud que la asistencia sanitaria busca prevenir. En 2019, Health Care Without Harm estimó que la asistencia sanitaria representa aproximadamente el 4,4 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, lo que equivale a alrededor de 2,0 gigatoneladas de CO₂ equivalente al año. Si la asistencia sanitaria fuera un país, ocuparía el quinto lugar entre los mayores emisores del mundo. **Impacto de los sistemas de dispositivos actuales**

Una gran parte de la huella de la asistencia sanitaria proviene de la forma en que se diseñan y producen los productos sanitarios. Muchos productos consumibles, equipos y dispositivos médicos se desarrollan siguiendo una lógica de «un solo uso, una sola vida útil», basándose en materiales que requieren muchos recursos y en procesos de producción lineales. Como consecuencia, el 71 % de las emisiones de la asistencia sanitaria provienen de la cadena de suministro, que incluye la producción, distribución, uso y eliminación de estos productos.

Diseño para la circularidad

Para mejorar la sostenibilidad del producto, se introducen estrategias circulares. Estas estrategias ofrecen oportunidades para reducir las emisiones manteniendo el rendimiento clínico, la seguridad del paciente y el cumplimiento de la normativa. Al tener

en cuenta la circularidad durante el desarrollo, los diseñadores e ingenieros pueden influir en el desempeño ambiental a lo largo de todo el ciclo de vida de un dispositivo médico.

Esta guía proporciona a los desarrolladores de tecnología médica marcos prácticos para aplicar el pensamiento circular dentro del proceso de desarrollo de dispositivos médicos. Las siguientes secciones presentan, en primer lugar, un enfoque de cinco fases para identificar e implementar intervenciones circulares adecuadas. La guía concluye con una representación visual de los flujos circulares en la asistencia sanitaria que ilustra cómo las decisiones de diseño influyen en los ciclos de vida de los productos y cómo la aplicación combinada de los enfoques presentados puede ayudar a transformar el sistema lineal actual hacia un modelo circular.

Estimación de tiempo

Trabajar con esta guía es un proceso iterativo. Dependiendo del tamaño del equipo y la complejidad del dispositivo, completar las cinco fases puede llevar desde semanas hasta varios meses.

Fuente: Karliner et al., 2019

Ver
el
vídeo



Ciclo de vida circular dentro de un sistema sanitario



Perspectiva de sistema

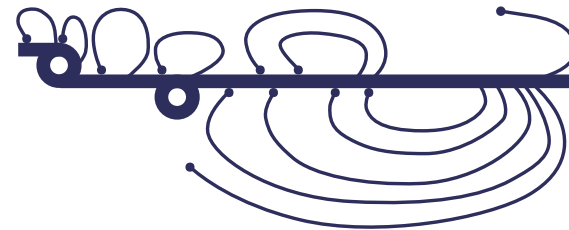
En el diseño circular de dispositivos médicos, se utiliza una perspectiva de sistema para describir el sistema sanitario circular más amplio en el que un dispositivo se desarrolla, utiliza y gestiona a lo largo del tiempo.

Este sistema incluye entornos de uso clínico, partes interesadas en todas las vías de atención, logística e infraestructura, flujos de materiales y la aplicación de estrategias circulares en el sector sanitario. En conjunto, estos elementos definen el contexto operativo en el que se toman y ejecutan las decisiones de diseño.

Las decisiones de diseño para cualquier fase del ciclo de vida del producto tienen implicaciones en todo este sistema más amplio y pueden influir en los resultados posteriores.

Visualización de los flujos circulares en la asistencia sanitaria

La representación visual de «**Flujos circulares en la asistencia sanitaria**» (CHF, por sus siglas en inglés) ilustra el sistema sanitario circular, incluida la aplicación de estrategias circulares a lo largo de los flujos a nivel de sistema. Proporciona una representación a nivel de sistema de cómo los dispositivos médicos se mueven a través de los ciclos de asistencia sanitaria y de materiales, y sirve para profundizar en la generación de ideas. La parte visual se presenta en su totalidad en esta guía.



Estructura de la guía

A Definir Comprender la necesidad y establecer prioridades Página 11

Aclarar por qué se necesita una solución y si está justificada. Evaluar los impactos ambientales y sociales actuales del dispositivo para identificar áreas clave de mejora y establecer prioridades para su rediseño.

B Cuestionar Replantear el desafío de diseño Página 17

Examinar los supuestos, protocolos y prácticas existentes detrás de los modelos de dispositivos actuales. Cuestionar el statu quo para replantear el problema del diseño e identificar oportunidades para reducir el impacto ambiental.

C Circular Mantener el sistema en bucle Página 25

Idear el sistema circular en el que opera el dispositivo. Identificar estrategias circulares pertinentes para mantener el dispositivo en uso, facilitar los flujos de retorno y fomentar la recirculación.

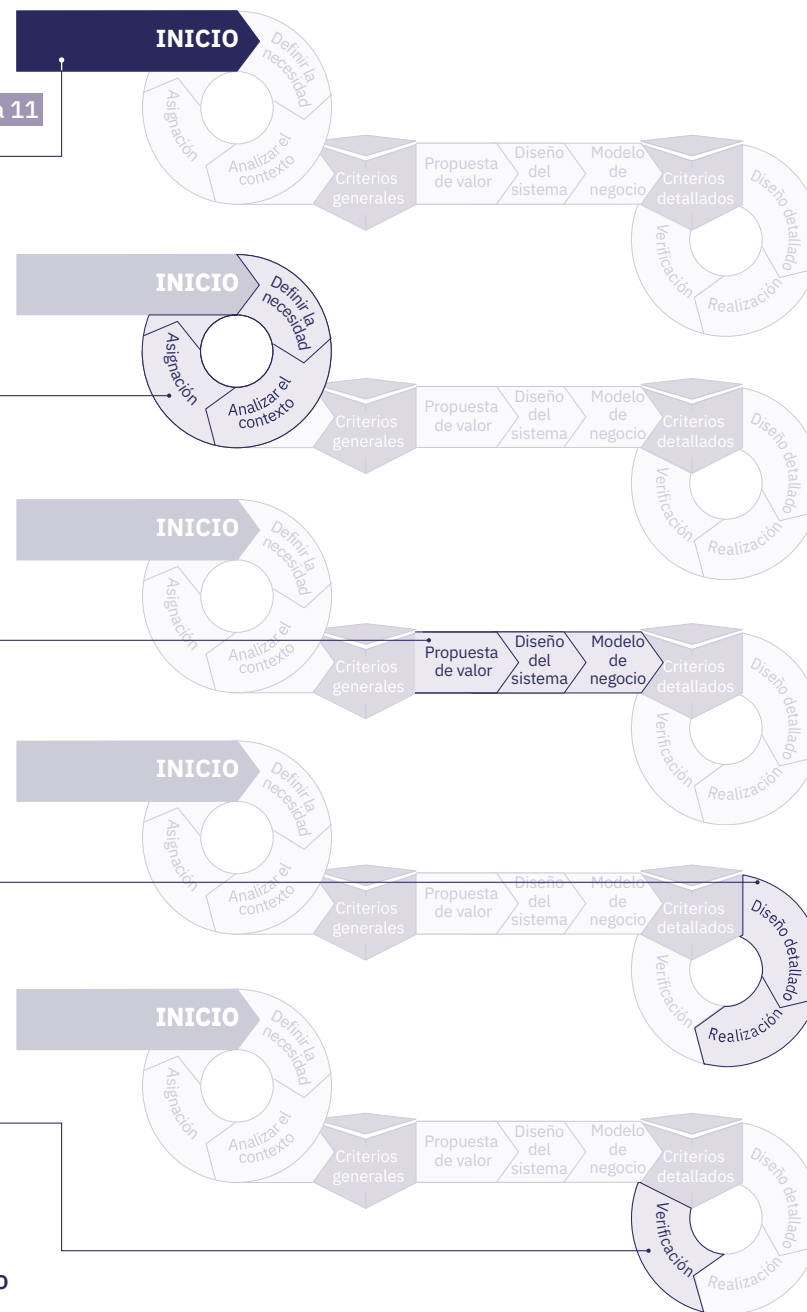
D Materializar Hacer que los dispositivos duren Página 33

Traducir las ideas en requisitos de diseño concretos. Alinear las decisiones de diseño detalladas con las estrategias seleccionadas para garantizar un desempeño circular en la práctica.

E Evaluar Determinar los impactos reales Página 41

Revisar y validar el concepto. Comprobar si se han abordado todas las fases y si se han logrado mejoras ambientales y sociales.

Esta página muestra cómo las cinco fases de la guía se alinean con un proceso generalizado de desarrollo de dispositivos médicos y el punto en el que se produce cada fase dentro del flujo de trabajo. Cada fase incluye una introducción, de dos a cuatro pasos y una conclusión.



Estrategias circulares por fase

Esta página presenta y describe las estrategias circulares en cada fase del proceso de diseño. Cada estrategia se relaciona con una etapa específica del ciclo de vida del dispositivo y desempeña un papel esencial en la creación de dispositivos más circulares a lo largo del desarrollo.

1 Rechazar

El acto intencional de rechazar la producción, el consumo o el uso de un producto, material o procedimiento médico, en particular aquellos que son innecesarios, insostenibles o dañinos.

4 Reducir

Incrementar la eficiencia en la prestación de asistencia sanitaria y la fabricación de productos médicos minimizando el uso de energía y recursos, evitando la producción o el consumo innecesarios, limitando las sustancias peligrosas y minimizando los procedimientos (innecesarios).

7 Reutilizar

Uso repetido de un dispositivo médico en varios pacientes para la misma finalidad prevista, después de la descontaminación cuando sea necesario y sin modificaciones significativas.

10 Cambiar de uso

Utilizar productos o piezas desechados para fines distintos a los previstos originalmente, como en diversos contextos (por ejemplo, procedimientos de atención veterinaria), con diferentes propósitos (por ejemplo, diferentes procedimientos humanos) y en distintos lugares (por ejemplo, países en desarrollo).

2 Reemplazar

Sustituir un producto o procedimiento médico por una alternativa que cumpla la misma función pero que reduzca significativamente el impacto ambiental.

5 Mantener

Preservar la calidad, la funcionalidad y la seguridad de los productos médicos y los entornos clínicos para garantizar un rendimiento fiable, prolongar su vida útil y reducir el riesgo de fallos de funcionamiento que podrían provocar posibles fracasos en el tratamiento.

8 Reacondicionar

Restaurar un producto a su buen estado de funcionamiento mediante la descontaminación, reparaciones, actualizaciones, cambios estéticos, comprobaciones de rendimiento, reinstalación, garantía y sustitución de piezas.

11 Reciclar

Transformar materiales de desecho procedentes de productos o recursos usados en nuevas materias primas, de igual o menor calidad, mediante, por ejemplo, la descontaminación, la trituration y el moldeo.

3 Repensar

Mejorar sistémicamente los procedimientos relacionados con el uso de productos para impulsar prácticas ambientalmente sostenibles, por ejemplo, replanteando el transporte de pacientes y la telemedicina, compartiendo productos o introduciendo la multifuncionalidad.

6 Reparar

Restaurar un producto o componente defectuoso o roto para que vuelva a ser utilizable y cumpla con su uso previsto, lo que normalmente implica un mantenimiento correctivo que garantiza que se cumplan las especificaciones de seguridad y rendimiento durante un período prolongado.

9 Remanufacturar

Restaurar productos y componentes, a menudo utilizando piezas de productos desechados, para lograr un estado como nuevo mediante desmontaje, descontaminación, control de calidad, certificación, reempaquetado y redistribución.

12 Renovar

Transformar materiales de desecho, fuentes de energía y otras sustancias en elementos básicos como dióxido de carbono, agua, biomasa o tejido humano (para medicina regenerativa) mediante procesos naturales.

Definir

Comprender la necesidad y establecer prioridades

Cuestionar

Replantear el desafío del diseño

1 2 3 4

Circular

Mantener el sistema en ciclo

5 6 7 8 9 10 11 12

Materializar

Hacer que los dispositivos duren

5 6 7 8 9 10 11 12

Evaluar

Determinar los impactos reales



DEFINIR

Comprender la necesidad y establecer prioridades

Antes de comenzar cualquier trabajo de diseño, conviene recopilar diversos datos para comprender claramente el dispositivo, los usuarios, el contexto de uso y los desafíos ambientales relacionados.

De este modo, se pueden definir las necesidades clínicas, las oportunidades de negocio y los principales puntos críticos ambientales del dispositivo. Conocer estos aspectos ayudará a alinear al equipo de desarrollo, establecer prioridades y tener una dirección clara para las fases de ideación posteriores. En la fase A, se definirán estas necesidades básicas, primero definiendo las necesidades clínicas y luego revelando las necesidades ambientales.

Principales roles responsables

 Diseño y ingeniería

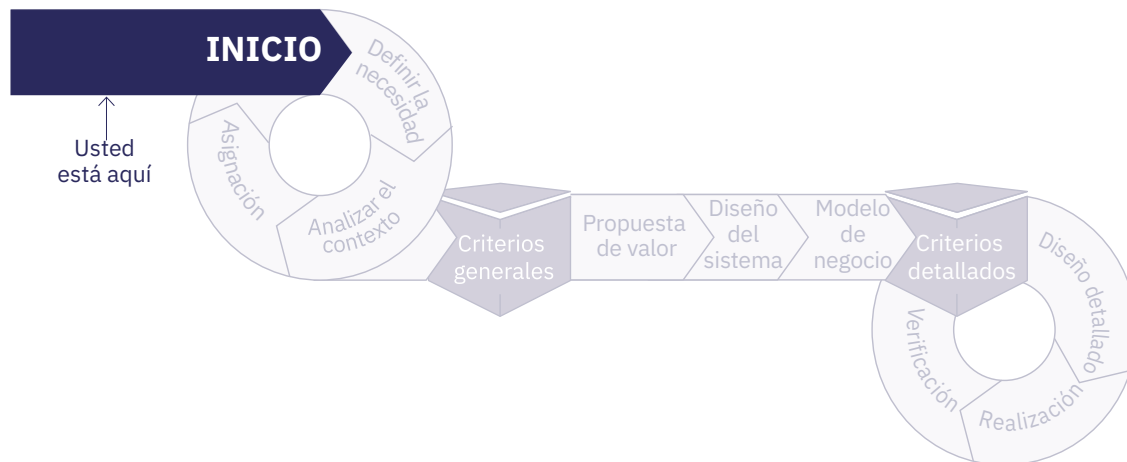
 Impacto y sostenibilidad

 Operaciones y cadena de suministro

 Negocio y estrategia

 Regulación y calidad

 Clínica y usuario final



► Glosario Página92

Ver
el
video



Definir la necesidad clínica

Comprender el contexto de uso ayuda a descubrir los desafíos y necesidades clínicas reales, que a menudo difieren de lo que se podría suponer inicialmente. Estos conocimientos permiten centrarse en las soluciones que realmente se ajustan a las necesidades y explorarlas.

Discusión de todo el equipo



Cuestionar

1. ¿Qué desafíos clínicos se observan en este contexto y qué consecuencias deben evitarse en el futuro? Por ejemplo, tenga en cuenta los desafíos relacionados con la calidad, la usabilidad o el desperdicio excesivo.	
2. ¿Quiénes se ven directamente afectados ahora por estos desafíos? ¿Quiénes se ven afectados indirectamente, a mayor escala?	
3. ¿Cuáles son las causas subyacentes de estos desafíos y qué factores contribuyen en mayor medida a su aparición? ● Limitaciones tecnológicas ● Limitaciones de diseño ● Barreras de comportamiento o de adopción ● Limitaciones del flujo de trabajo o del proceso ● Otros factores sistémicos ● Lagunas de formación o conocimientos	
4. ¿Qué podría ser necesario para resolver los desafíos planteados?	
5. ¿Qué partes interesadas se beneficiarán directa o indirectamente de la satisfacción de la necesidad clínica?	

Observar y analizar

Visite el punto de uso e interactúe directamente con los médicos, los pacientes y otras partes interesadas para obtener una comprensión integral del contexto del dispositivo.

Observe y analice los flujos de trabajo clínicos, las interacciones con los dispositivos, los comportamientos de los usuarios y los factores ambientales para validar, refinar y ampliar las ideas identificadas en la sección «Cuestionar».

Preste especial atención a cómo se manipulan, mantienen, desechan e integran los dispositivos en la práctica diaria, ya que estas observaciones pueden revelar necesidades no satisfechas, limitaciones operativas y oportunidades de mejora.

Utilice estas observaciones e interacciones para descubrir desafíos prácticos, verificar suposiciones e identificar factores que puedan influir en la viabilidad y la adopción de futuras soluciones de diseño.

Definir las necesidades ambientales

Además de las necesidades clínicas, también se pueden definir las necesidades ambientales. Al identificar los puntos críticos ambientales del dispositivo, es posible determinar qué aspectos tienen el mayor impacto ambiental. Con ese conocimiento, se pueden definir claramente los requisitos más importantes del dispositivo, y queda claro dónde centrarse al desarrollar un dispositivo circular.

Realizar una evaluación del ciclo de vida (LCA)

Utilice una LCA acelerada para identificar los puntos críticos (los de mayor impacto) a lo largo de todo el ciclo de vida del dispositivo. Si no se dispone internamente de software o personal capacitado para realizar la evaluación del ciclo de vida (LCA), utilice alguno de los recursos que se indican a continuación.

LCA acelerada del dispositivo existente o de la vía clínica

Estimación de la huella de carbono (Protocolo GHG)

Lista de puntos críticos ambientales comunes

Si no hay tiempo ni presupuesto para una LCA (acelerada), esta lista de verificación de puntos críticos ambientales puede utilizarse como una evaluación rápida y aproximada de los puntos críticos ambientales típicos. Sin embargo, para tomar decisiones basadas en evidencia en lugar de actuar sobre suposiciones, recomendamos encarecidamente realizar una evaluación completa del ciclo de vida o una LCA acelerada para identificar los puntos críticos.

Fabricación	- El dispositivo contiene materiales críticos o raros (por ejemplo, cobalto, tierras raras). - El proceso de fabricación consume mucha energía
Transporte	- Para el envío se utiliza el transporte aéreo. - Los pacientes o los profesionales sanitarios tienen que viajar con frecuencia y/o a largas distancias para poder utilizar la solución.
Uso	- Alto consumo de electricidad durante el funcionamiento. - Ciclos frecuentes de esterilización/desinfección que requieren consumo de energía y agua.
Fin de vida útil	- El dispositivo contiene una gran cantidad de piezas/materiales que son difíciles de separar. - El dispositivo contiene materiales peligrosos o raros.
Amplificador de impacto	Si el dispositivo está diseñado para un solo uso o es (parcialmente) desechable, los impactos de la fabricación y del final de su vida útil se ven amplificados.

Responsabilidad principal

Diseño y ingeniería

Operaciones y cadena de suministro

Entrada

Impacto y sostenibilidad

Regulación y calidad

Clínica y usuario final

Aclarar los puntos críticos ambientales

Según su evaluación del ciclo de vida (LCA), seleccione qué etapa(s) del ciclo de vida contribuyeron en **mayor** medida al impacto ambiental:

Etapa(s) del ciclo de vida con mayor impacto	¿Qué causa el impacto dentro de esta etapa?
☐ Fabricación	
☐ Transporte	
☐ Uso	
☐ Fin de vida útil	

Revelar oportunidades

Una vez identificadas las necesidades clínicas y/o ambientales, esta parte pasa a identificar oportunidades de mejora.

Diseño y ingeniería

Operaciones y cadena de suministro

Impacto y sostenibilidad

Regulación y calidad

Clínica y usuario final

Responsabilidad principal

Entrada

Árbol de funciones

Utilizando la información de las páginas 12 y 13, enumere todas las funcionalidades necesarias para superar los desafíos clínicos o ambientales. Analice dónde puede haber oportunidades para eliminar o simplificar elementos. Evalúe cada funcionalidad utilizando las categorías que se muestran a continuación.

Lista de funciones	Propósito	Esencial	Opcional
		☐	☐
		☐	☐
		☐	☐
		☐	☐

Comparativa

Revise las soluciones que satisfacen una necesidad similar o que ya resuelven el desafío identificado. Evalúe en qué se diferencian. Utilice estas ideas para identificar oportunidades de mejora en su propio diseño.

Solución revisada	Cómo aborda la necesidad	Oportunidades de mejora

Negocios

Utilice las oportunidades identificadas en esta página y determine en el resumen de la página siguiente dónde se puede obtener el mayor valor económico, destacando las oportunidades de negocio más prometedoras.

Resumen A

La fase A permitió identificar las necesidades clínicas y ambientales. Utilice esta página para sintetizar los hallazgos clave de la Fase A. Utilice estos hallazgos durante la fase de ideación en la Fase B.

Responsabilidad principal

 Negocios
y Estrategia

**Basado en las aportaciones de
todo el equipo**



Necesidades definidas

¿Cuál es la razón o necesidad identificada para desarrollar un nuevo dispositivo? ¿Qué se debe lograr para que el nuevo dispositivo tenga éxito? ¿Qué oportunidades existen para mejorar el dispositivo sin comprometer las prioridades clínicas, comerciales y medioambientales?

Definir prioridades

Utilizando los conocimientos adquiridos en la Fase A, identifique las principales prioridades clínicas, de sostenibilidad y comerciales para el desarrollo de su dispositivo. Estas se utilizarán como criterios de evaluación en la Fase E. Si identificó prioridades adicionales, asegúrese de capturarlas también y registrarlas para referencia posterior.

Prioridades clínicas	Prioridades de sostenibilidad	Prioridades empresariales
1.	1.	1.
2.	2.	2.
3.	3.	3.

Proceda a la siguiente fase
Una vez que el equipo haya alineado las prioridades y las oportunidades iniciales, el proceso pasa a la fase B. En esta fase, la ideación se impulsa a través de las primeras cuatro estrategias de diseño circular, identificando qué mejora.



CUESTIONAR

Replantear el desafío del diseño

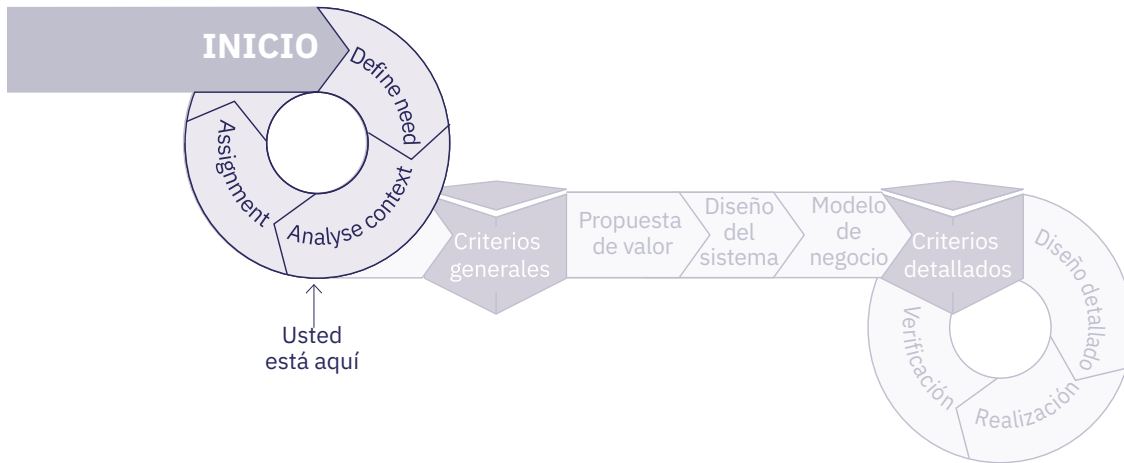
Genere ideas para resolver el problema que definió en la Fase A, comenzando por las estrategias circulares de mayor prioridad. Mediante la aplicación de las estrategias circulares de rechazar, reemplazar, repensar y reducir, se puede identificar y eliminar la complejidad innecesaria y el uso de recursos.

Principales roles responsables

 Diseño y ingeniería	 Impacto y sostenibilidad	 Operaciones y cadena de suministro
 Negocio y estrategia	 Regulación y calidad	 Clínica y usuario final

¿Qué estrategias circulares se incluyen en esta fase?

- 1 Rechazar 2 Reemplazar 3 Repensar 4 Reducir



► Glosario page 92

Ver
el
video



Ideación Rechazar¹

Generar ideas sobre la estrategia de rechazo, explorando sistemas, procesos y enfoques alternativos que no impliquen el uso de dispositivos, junto con el desarrollo de dispositivos, ayuda a evitar productos innecesarios, reducir el uso de recursos y respaldar resultados más sostenibles.

Discusión de todo el equipo



Ejemplos valiosos de rechazo

Los ejemplos enumerados muestran que algunas soluciones más allá del dispositivo ya resuelven problemas identificados al tiempo que agregan valor comercial. Entonces, un dispositivo puede ser innecesario.

Examples of identified problems	Abordar el problema	Potencial de valor comercial
Problema de comportamiento o adherencia	Programa de capacitación o cambio de comportamiento	Genera ingresos recurrentes por suscripción con un costo de las ventas menor que el del hardware, y es digitalmente escalable.
Ineficiencia del flujo de trabajo o del proceso	Consultoría de rediseño o implementación de procesos	Genera ingresos por servicios y reposiciona a su organización como socio de soluciones en lugar de proveedor, logrando una mayor fidelización de clientes y reduciendo el riesgo de que cambien a un competidor.
Brecha de conocimiento o capacidad	Formación, certificación, apoyo a la toma de decisiones	Genera ingresos por licencias o contenido, se escala digitalmente y requiere una baja inversión inicial.
Problema de sistema o coordinación	Rediseño de la ruta, integración, plataforma	Plataforma y activos de datos, admite contratos a largo plazo, y crea oportunidades para la dependencia del ecosistema.



EJEMPLO DE RECHAZO 1

rechazar las intervenciones de higiene bucal con luz ultravioleta, ya que reducen los microbios sin un impacto comprobado en los resultados de la salud bucal.



EJEMPLO DE RECHAZO 2

Rechace los procedimientos de sangría en la terapia con ventosas, ya que no hay suficiente evidencia de sus beneficios terapéuticos.

► Ejemplos detallados on página 56 e 57

Elija su(s) idea(s) más sólida(s)

Revise las ideas generadas anteriormente y seleccione la(s) opción(es) más sólida(s) para seguir adelante.

- 1. Ir más allá del dispositivo:** Esta idea supera claramente la opción de introducir un dispositivo y reduce el impacto ambiental. Siga adelante con la idea de ir más allá del dispositivo y pase directamente a la Fase E para su evaluación.
- 2. Desarrollar, mantener la idea de ir más allá del dispositivo:** La idea de ir más allá del dispositivo es prometedora, pero la exploración de un dispositivo físico sigue siendo relevante, o bien los beneficios ambientales no están claros. Pase a la Fase A (si aún no la ha completado); de lo contrario, conserve la idea de ir más allá del dispositivo para su evaluación en la Fase E y continúe con el desarrollo del dispositivo.
- 3. Desarrollar:** No se identificó ninguna idea que fuera más allá del dispositivo. Pase a la Fase A (si aún no la ha completado); de lo contrario, continúe centrándose en el desarrollo del dispositivo.

Lluvia de ideas sobre oportunidades más allá del dispositivo

¿Se podría abordar la necesidad sin introducir un dispositivo?

Antes de optar por un dispositivo físico, considere si un cambio de comportamiento, la optimización de procesos, la educación, el rediseño del sistema o un cambio de contexto podrían reducir o resolver el problema de manera efectiva.

Genere unas 10 ideas para abordar la necesidad clínica sin necesidad de un dispositivo físico. En esta etapa, deje de lado la viabilidad y explore ampliamente.

- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____

Incluya sus ideas más prometedoras para la fase de rechazo en el resumen de la Fase B de la página 22.

Ideación Reemplazar²

La estrategia «Reemplazar» explora si la misma necesidad clínica puede satisfacerse utilizando productos o servicios médicos ya existentes, dentro del contexto clínico dado, que ofrezcan resultados equivalentes al tiempo que reducen significativamente el impacto ambiental y mantienen el valor clínico y comercial.

Lluvia de ideas sobre alternativas existentes

¿Se podría lograr el mismo propósito clínico utilizando alternativas existentes con un menor impacto ambiental?

Céntrese en las opciones de sustitución dentro del mercado y la práctica clínica existentes y considere si los dispositivos, procedimientos o servicios médicos actualmente disponibles ya logran el mismo resultado clínico antes de desarrollar una nueva solución. Si se identifica una solución existente, considere cómo podría mejorarse aún más para resolver mejor el problema, aumentar su valor comercial y reducir su impacto ambiental, basándose en los puntos críticos definidos en la Fase A.

¿Se han identificado soluciones existentes?

Generar ideas para mejorar las soluciones existentes que aborden el problema identificado o satisfagan la necesidad clínica.

- _____
- _____
- _____
- _____
- _____

¿No se ha identificado ninguna solución existente?

Analizar cómo se podrían adaptar los productos o procedimientos existentes para abordar la necesidad clínica identificada.

- _____
- _____
- _____
- _____
- _____



REEMPLAZAR EJEMPLO 1

Reemplazar la necesidad de un nuevo respirador mejorando la configuración de los dispositivos existentes para proteger a los bebés prematuros.



REEMPLAZAR EJEMPLO 2

Reemplazar la monitorización electrónica de la presión arterial con la medición manual cuando la fiabilidad sea comparable.

➤ Ejemplos detallados en las páginas 58 y 59

Responsabilidad principal

○ Diseño y ingeniería

○ Operaciones y cadena de suministro

Entrada

○ Impacto y sostenibilidad

○ Regulación y calidad

○ Clínica y usuario final

CONSEJO

Formas de minimizar el impacto:

- Minimizar la generación de residuos
- Prolongar la vida útil del producto
- Aumentar el número de ciclos de uso

Elija su(s) idea(s) más sólida(s)

Revise las ideas generadas y seleccione la(s) opción(es) más sólida(s) para seguir adelante:

- Desarrollar nuevo dispositivo:** No se identificó ninguna solución existente o adaptable. Continúe desarrollando un nuevo dispositivo siguiendo los siguientes pasos.
- Modificar solución actual:** Se encontró o adaptó una solución existente para satisfacer la necesidad clínica. Úsela como punto de partida y concéntrese en reducir aún más su impacto ambiental siguiendo los siguientes pasos.

En ambos casos, la mejora medioambiental lograda se convierte en una prioridad clave para el valor empresarial, que se mantiene a lo largo de todo el proceso de diseño.

En el resumen de la Fase B, en la página 22, incluya sus ideas de reemplazo más prometedoras.

Ideación Repensar ³

Este paso examina cómo se puede repensar el uso de dispositivos para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad a nivel del sistema, incluso a través del uso compartido, la multifuncionalidad y el rediseño de la prestación de atención (por ejemplo, telemedicina y flujo de pacientes). Las preguntas orientadoras facilitan la generación de ideas.

Responsabilidad principal

Diseño y ingeniería

Operaciones y cadena de suministro

Entrada

Impacto y sostenibilidad

Regulación y calidad

Clínica y usuario final

Pregunta orientadora 1

Multifuncionalidad

¿Cómo se podrían combinar las funcionalidades?

Basándose en el análisis del contexto, intente encontrar posibilidades para combinar la función con otra función en un solo dispositivo.

Ideas para la multifuncionalidad:

Buen ejemplo

Replantee la atención respiratoria integrando la administración de oxígeno y la oximetría de pulso en un solo dispositivo.



Ejemplo de buenas intenciones con malas consecuencias

Falta de visión del sistema
El ECG y la SpO2 combinados reducen los materiales desechables, pero aumentan la carga de limpieza y el impacto general.



Ejemplos detallados

Pregunta orientadora 2

Estandarización

¿Cómo podríamos facilitar la estandarización entre sistemas?

Busque oportunidades de diseño que permitan la interoperabilidad entre la solución y otros sistemas.

Ideas para la estandarización:

Buen ejemplo

Replantee la obtención de imágenes por ultrasonido utilizando una sonda que se pueda conectar a cualquier monitor de hospital o iPad estándar.



Ejemplo de buenas intenciones con malas consecuencias

Fragilidad del sistema
La estandarización de un monitor de paciente puede aumentar la necesidad de actualizaciones y los problemas de compatibilidad.



Ejemplos detallados

Pregunta orientadora 3

Uso compartido del dispositivo

¿De qué maneras se podría compartir el dispositivo?

Analice cómo se podría compartir este dispositivo entre diferentes departamentos o usuarios, o incluso entre diferentes hospitales.

Ideas para compartir dispositivos:

Buen ejemplo

Repensar los respiradores clínicos diseñándolos para que puedan servir a varios pacientes a la vez, reduciendo así el número de dispositivos necesarios.



Ejemplo de buenas intenciones con malas consecuencias

Carga logística
El uso compartido de bombas de infusión portátiles aumenta el impacto debido a la necesidad de transporte y limpieza.



Ejemplos detallados

Recopile sus ideas de Repensar más prometedoras en el resumen de la Fase B, en la página 22.

Ideación Reducir⁴

«Reducir» explora si la misma necesidad clínica puede satisfacerse reduciendo los recursos, materiales o impactos asociados a productos o servicios médicos existentes, dentro del contexto clínico dado, manteniendo resultados equivalentes y preservando el valor clínico y empresarial.

Responsabilidad principal

Diseño y ingeniería

Operaciones y cadena de suministro

Entrada

Impacto y sostenibilidad

Regulación y calidad

Clínica y usuario final

Complejidad del dispositivo

Identificar oportunidades **para simplificar** el dispositivo sin comprometer su función.

Ideas para reducir la complejidad de los dispositivos:

Buen ejemplo

Reduzca la complejidad de la bomba de insulina automatizada eliminando las funciones que se utilizan con poca frecuencia.



Ejemplo de buenas intenciones con malas consecuencias

Exceso de complejidad
Las puntas de instrumental para cataratas reutilizables requieren esterilización, mientras que una punta desechable resulta más sostenible.



Ejemplos detallados

Uso de materiales

Descubra **cómo reducir de forma segura** la cantidad de componentes o materiales.

Ideas para reducir el número de componentes y materiales:

Buen ejemplo

Reduzca el uso de materiales
en los pastilleros inteligentes; elimine el relleno interior innecesario y el embalaje multicapa.



Ejemplos detallados

Ejemplo de buenas intenciones con malas consecuencias

Seguridad ilusoria
Los guantes de seguridad pueden parecer más seguros para ciertas tareas, pero pueden aumentar el desperdicio cuando la desinfección de manos es igualmente efectiva.



Recursos necesarios

Minimizar la cantidad de **energía, agua o productos químicos** utilizados para fabricar o usar el dispositivo, sin afectar la seguridad.

Ideas para reducir los recursos necesarios:

Buen ejemplo

Reduzca el consumo de agua en la limpieza del endoscopio, limitándolo a la cantidad realmente necesaria.



Ejemplos detallados

Ejemplo de buenas intenciones con malas consecuencias

Hábito procedimental
Abrir juegos completos de instrumentos garantiza la preparación, pero aumenta el desperdicio cuando solo se necesitan unos pocos instrumentos.



Cuando el progreso se estanca, y vuelva a examinar sus suposiciones.

Lo que parece inviable puede deberse a suposiciones no comprobadas, a una definición del problema demasiado limitada o a restricciones innecesarias. Revise. Utilice la literatura pertinente, las normas, la práctica clínica y las tecnologías comparables para identificar vías alternativas y enfoques probados.

Recopile sus ideas más prometedoras para la reducción en el resumen de la Fase B en la página 22.

Al explorar las estrategias circulares de Rechazar, Reemplazar, Repensar y Reducir, se han cuestionado las suposiciones y se han identificado direcciones más sostenibles. Documente las ideas más sólidas de cada estrategia. Para cada idea, descríbala e indique la mejora en sostenibilidad que podría aportar.

Responsabilidad principal

○ Diseño
y ingeniería

○ Operaciones
y cadena de
suministro

Entrada

○ Impacto y
sostenibilidad

○ Regulación
y calidad

○ Clínica
y usuario final

1 Rechazar

Oportunidades más allá de los dispositivos

Ideas de la página 18

Mejora prevista en sostenibilidad por idea

2 Reemplazar

Utilizar dispositivos, procedimientos o servicios médicos alternativos

Ideas de la página 19

Mejora prevista en sostenibilidad por idea

3 Repensar

Eficiencia y sostenibilidad a nivel de sistema

Ideas de la página 20

Mejora prevista en sostenibilidad por idea

4 Reducir

Complejidad, uso de materiales, y recursos

Ideas de la página 21

Mejora prevista en sostenibilidad por idea

Resumen B

Identifique qué ideas de todas las sesiones de lluvia de ideas de la Fase B se complementan entre sí y combínelas en al menos tres direcciones conceptuales. Para cada concepto, documente las estrategias combinadas, la mejora prevista en materia de sostenibilidad y cualquier anotación sobre el prototipo inicial. Lleve este resumen a la Fase C.

Responsabilidad principal

Diseño y ingeniería

Operaciones y cadena de suministro

Entrada

Impacto y sostenibilidad

Regulación y calidad

Clínica y usuario final

Descripción del concepto 1

Mejora prevista de la sostenibilidad

Beneficios clínicos

Beneficios empresariales

Descripción del concepto 2

Mejora prevista de la sostenibilidad

Beneficios clínicos

Beneficios empresariales

Descripción del concepto 3

Mejora prevista de la sostenibilidad

Beneficios clínicos

Beneficios empresariales

¿Se requiere una iteración adicional? Perfeccione sus conceptos y revise esta fase según sea necesario.

● **CIRCULAR**

Mantén el sistema en ciclo

El objetivo de la Fase C es definir las vías posteriores al uso de un dispositivo y cómo diseñar el sistema para posibilitar la circularidad. El diseño del dispositivo se realizará en la Fase D. Actualmente, la mayoría de los dispositivos se desechan e incineran, a pesar de conservar valor y estar fabricados con recursos escasos. Para fomentar la circularidad, el dispositivo debe ser compatible con la recirculación dentro del sistema circular en el sector sanitario (véase la representación visual «Flujos circulares en la asistencia sanitaria» en la página 52). En esta fase, se identifican estrategias circulares adecuadas y se traducen en decisiones de diseño del sistema y de recogida que permiten su implementación.

Principales roles responsables

Diseño y ingeniería

Impacto y sostenibilidad

Operaciones y cadena de suministro

Negocio y estrategia

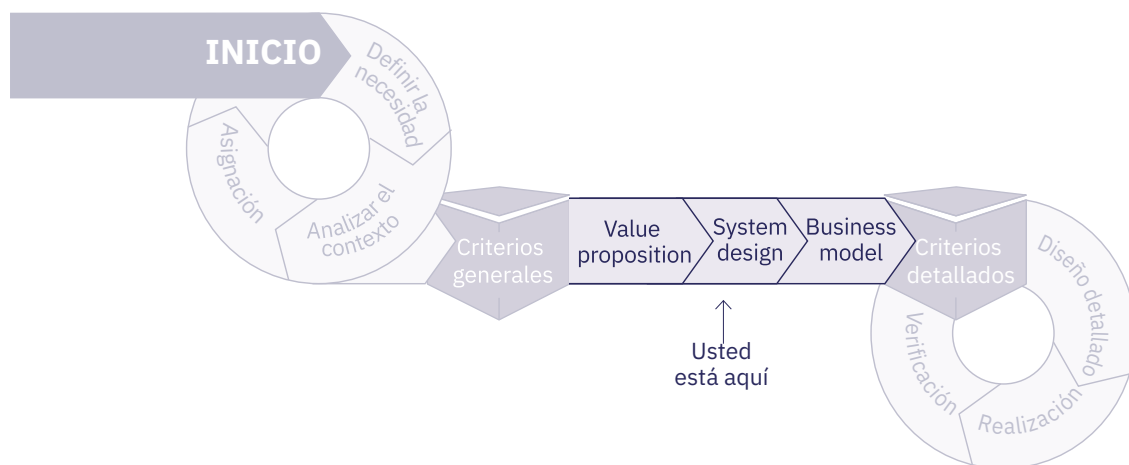
Regulación y calidad

Clínica y usuario final

¿Qué estrategias circulares se incluyen en esta fase?

Todas las estrategias destinadas a prolongar la vida útil de un producto o sus componentes, así como las estrategias destinadas a recuperar materias primas. Las estrategias circulares son:

5 Mantener 6 Reparar 7 Reutilizar 8 Reacondicionar 9 Remanufacturar 10 Reaprovechar 11 Reciclar 12 Renova



Glosario, página 92

Ver el vídeo



Determine estrategias circulares (para dispositivos de baja criticidad)

Este árbol de decisiones facilita la selección de estrategias circulares para dispositivos de **baja criticidad**. Clasifica los dispositivos por clase MDR, duración de uso y tamaño y coste previstos, relacionándolos con estrategias de uso común. Úselo como punto de partida para explorar estrategias relevantes para su concepto de diseño. Si la criticidad es alta, continúe a la página siguiente.

Responsabilidad principal



Impacto y sostenibilidad



Normativa y calidad

Entrada



Negocios y Estrategia



Explicación más detallada de los ejemplos en la página 72 y 75

Nivel de criticidad de un concepto de diseño en etapa temprana: Determine la criticidad en función de la clasificación MDR estimada según el uso previsto. Utilice la mejor estimación disponible; no se prevé que los cambios de diseño posteriores afecten significativamente a este paso.

En la siguiente etapa, las estrategias se traducirán en decisiones de diseño concretas.

Determinar estrategias circulares (para dispositivos de alta criticidad)

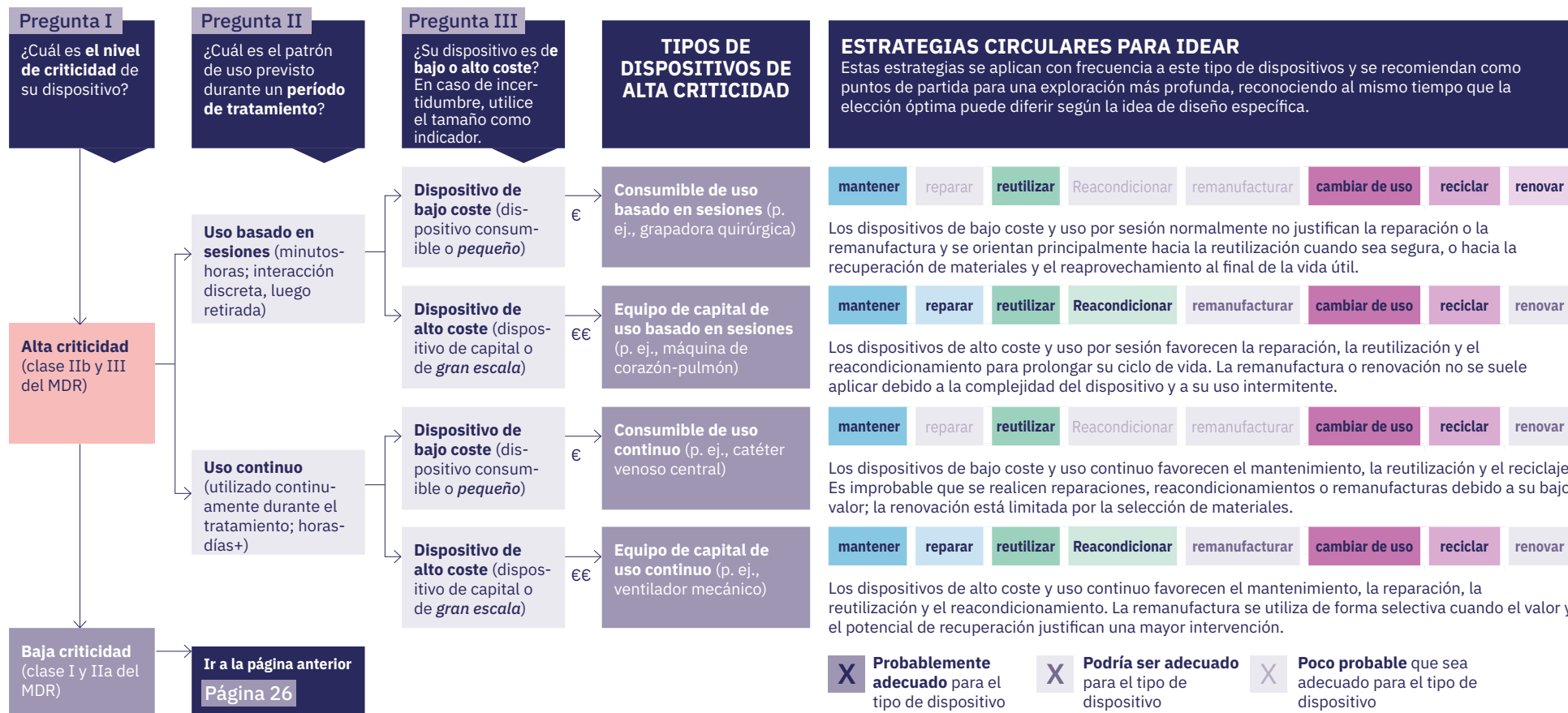
Este árbol de decisiones facilita la selección de estrategias circulares para dispositivos de alta criticidad. Clasifica los dispositivos por clase MDR, duración de uso y tamaño y coste previstos, asignándoles estrategias de aplicación común. Úselo como punto de partida para explorar estrategias relevantes para su concepto de diseño. Si la criticidad es baja, vuelva a la página anterior.

Responsabilidad principal

Impacto y sostenibilidad Normativa y calidad

Entrada

Negocios y Estrategia



Explicación más detallada de los ejemplos en la página 76 y 79

Nivel de criticidad de un concepto de diseño en etapa temprana: Determine la criticidad en función de la clasificación MDR estimada según el uso previsto. Utilice la mejor estimación disponible; no se prevé que los cambios de diseño posteriores afecten significativamente a este paso.

En la siguiente etapa, las estrategias se traducirán en decisiones de diseño concretas.

Ideas de diseño del sistema

Seleccione las estrategias circulares definidas en la Fase C, páginas 26-27, y genere ideas para aplicarlas a cada concepto de la Fase B. Utilice las consideraciones de diseño del sistema para guiar su pensamiento, pero no se centre aún en el diseño de la implementación. Esto se verá en la Fase D.

Responsabilidad principal

○ Operaciones
○ y cadena de suministro

Basado en las aportaciones de todo el equipo



	Consideraciones de diseño del sistema
☐ Mantener Ideas _____ _____ _____	trazabilidad, ajuste del flujo de trabajo, normativas
☐ Reparar Ideas _____ _____ _____	sistemas locales, trazabilidad, ajuste del flujo de trabajo, normativas, recogida, viabilidad económica
☐ Reutilizar Ideas _____ _____ _____	sistemas locales, trazabilidad, ajuste del flujo de trabajo, normativas, recogida, viabilidad económica
☐ Reacondicionar Ideas _____ _____ _____	sistemas locales, trazabilidad, ajuste del flujo de trabajo, normativas, recogida, viabilidad económica
☐ Remanufacturar Ideas _____ _____ _____	sistemas locales, trazabilidad, ajuste del flujo de trabajo, normativas, recogida, viabilidad económica
☐ Cambiar de uso Ideas _____ _____ _____	trazabilidad, función, adaptación, recogida, viabilidad económica
☐ Reciclar Ideas _____ _____ _____	sistemas locales, trazabilidad, adaptación de la función, recogida, viabilidad económica
☐ Renovar Ideas _____ _____ _____	trazabilidad, ajuste del flujo de trabajo, normativas

La siguiente página proporciona instrucciones para cada consideración de diseño del sistema para iniciar una lluvia de ideas. El objetivo es generar una página completa de ideas para cada estrategia circular. En primer lugar, explore las ideas de forma amplia y, a continuación, combine y perfeccione las más prometedoras en la página siguiente.

Consideraciones de diseño del sistema

Utilice esta página como referencia mientras realiza el ejercicio de la página anterior. Explore cómo los conceptos desarrollados en la Fase B pueden facilitar múltiples estrategias circulares. Consulte la representación visual de los flujos circulares en la asistencia sanitaria en la página 52 para establecer prioridades.

Responsabilidad principal

Operaciones
y cadena de suministro

Basado en las aportaciones de todo el equipo



Explicación de las consideraciones de diseño del sistema

Revise las consideraciones de diseño del sistema y seleccione las que sean aplicables a su dispositivo:

Sistema local	Trazabilidad	Ajuste del flujo de trabajo	Adaptación de funciones	Normativa	Recogida	Viabilidad económica
Diseñar para sistemas locales o regionales para minimizar la carga de transporte y apoyar una manipulación y redistribución eficientes.	Habilitar la trazabilidad del dispositivo y el control de calidad a través de identificadores, seguimiento del ciclo y registros de auditoría para la supervisión del ciclo de vida.	Asegurar la integración en los flujos de trabajo clínicos mediante un diseño centrado en la usabilidad y la validación con los usuarios para un uso y manejo correctos.	Habilitar características de diseño modulares o adaptables para admitir el uso continuo en aplicaciones alternativas cuando sea apropiado.	Participar desde el principio en los requisitos normativos para garantizar la compatibilidad con los marcos de seguridad y cumplimiento aplicables.	Garantizar la viabilidad económica dentro de las operaciones de asistencia sanitaria. En la página siguiente encontrará instrucciones detalladas para la recogida.	Evaluar la rentabilidad del ciclo de vida garantizando la compatibilidad con los flujos de trabajo sanitarios y las limitaciones del sistema.
Especialmente relevante si su punto crítico es: Transporte		Especialmente relevante si su punto crítico es: Uso			Especialmente relevante si su punto crítico es: Transporte	

Combinar ideas

A partir de todas las ideas de diseño generadas en la página 28 de la Fase C, explore cómo combinar las más prometedoras e integrarlas con las ideas de la Fase B, incorporando al mismo tiempo la mayor cantidad posible de consideraciones de diseño del sistema. Seleccione al menos 3 de las ideas más prometedoras que haya creado hasta ahora. Anótelas.

Idea de diseño 1

Idea de diseño 2

Idea de diseño 3

Ejemplo de diseño de sistema totalmente integrado de un pastillero inteligente en la página 80.

¿Se requiere una iteración adicional?

Perfeccione sus ideas y revise las fases anteriores según sea necesario.

Fase A

Fase B

Fase C

Ideación de la ruta de recogida

Para la mayoría de las estrategias circulares post-uso, se requiere una recogida eficaz que permita su posterior procesamiento. Este paso define cómo se pueden reincorporar los dispositivos al sistema para que se ajusten a las estrategias circulares definidas en la página 29 de la Fase C y se implementen en la práctica.

Comprenda el contexto de recogida
Para cada concepto tomado de la página 29 de la Fase C, interactúe con las partes interesadas relevantes, como enfermeras, pacientes, personal del servicio de esterilización y operadores de logística y residuos, para comprender los flujos de trabajo existentes o identificar dónde puede ser necesario diseñar otros nuevos.

Utilice estas ideas para seleccionar la(s) ruta(s) de recogida más adecuadas para las ideas preferidas de la página 29 de la Fase C.

Las soluciones elegidas deben integrarse de forma natural en la práctica clínica y permitir el cumplimiento de los requisitos reglamentarios locales aplicables en materia de recogida y reprocesamiento.

Responsabilidad principal

Impacto y sostenibilidad

Operaciones y cadena de suministro

Ámbito clínico y usuario final

Entrada

Diseño e ingeniería

Negocios y estrategia

Normativa y calidad



Idea 1	Idea 2	Idea 3
Consideraciones de diseño del sistema:	Consideraciones de diseño del sistema:	Consideraciones de diseño del sistema:
Ruta(s) de recogida preferida(s) para esta idea:	Ruta(s) de recogida preferida(s) para esta idea:	Ruta(s) de recogida preferida(s) para esta idea:

Resumen C (Direcciones del concepto)

Utilice esta página para resumir los tres conceptos más importantes desarrollados en la Fase C. Para cada concepto, documente dos aspectos: las decisiones de diseño del sistema tomadas y la ruta de recogida que las respalda. En conjunto, estos elementos conforman un registro consolidado que se trasladará a la Fase D.

Responsabilidad principal

 Operaciones
y cadena de suministro

Basado en las aportaciones de todo el equipo



Concepto 1: Descripción de la idea, incluidas las decisiones de diseño del sistema.

Ruta(s) de recogida más adecuada(s)	Punto de recogida y destino	Parte interesada responsable
☐ Devolución ☐ Recogida local ☐ Recogida		
Mejora prevista de la sostenibilidad	Beneficios clínicos	Beneficios empresariales

Concepto 2: Descripción de la idea, incluidas las decisiones de diseño del sistema.

Ruta(s) de recogida más adecuada(s)	Punto de recogida y destino	Parte interesada responsable
☐ Devolución ☐ Recogida local ☐ Recogida		
Mejora prevista de la sostenibilidad	Beneficios clínicos	Beneficios empresariales

Concepto 1: Descripción de la idea, incluidas las decisiones de diseño del sistema.

Ruta(s) de recogida más adecuada(s)	Punto de recogida y destino	Parte interesada responsable
☐ Devolución ☐ Recogida local ☐ Recogida		
Mejora prevista de la sostenibilidad	Beneficios clínicos	Beneficios empresariales

MATERIALIZAR



Cómo hacer que los dispositivos duren más

Esta fase desplaza el enfoque de las decisiones a nivel de sistema al producto en sí, traduciendo los conceptos generales en opciones de diseño concretas y viables. Utilizando los puntos críticos de la Fase A y las estrategias circulares de la Fase C como guía, esta fase implementa las estrategias elegidas directamente en el diseño del dispositivo, aplica los requisitos pertinentes y aborda las barreras de desarrollo comunes específicas del desarrollo de dispositivos médicos.

Principales roles responsables

Diseño y ingeniería

Impacto y sostenibilidad

Operaciones y cadena de suministro

Negocio y estrategia

Regulación y calidad

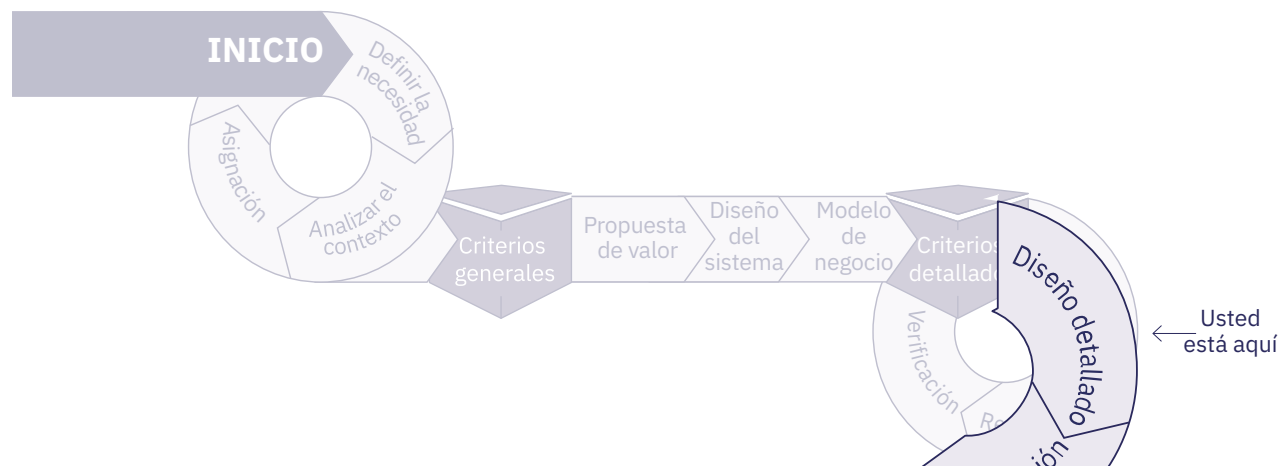
Clínica y usuario final

► Vuelva a Estrategias circulares en la Fase C, página 25.

¿Qué estrategias circulares se incluyen en esta fase?

Todas las estrategias destinadas a prolongar la vida útil de los dispositivos (componentes), así como las estrategias destinadas a recuperar materias primas:

5 Mantener 6 Reparar 7 Reutilizar 8 Reacondicionar 9 Remanufacturar 10 Reaprovechar 11 Reciclar 12 Renovar



Glosario, página 92

Ver el video



Materializar estrategias circulares

Desarrolle múltiples ideas de materialización para cada estrategia circular Fase C páginas 26-27, aplicando los criterios de materialización pertinentes que se desarrollarán con más detalle en la página siguiente. Las estrategias circulares abarcan consideraciones sobre la selección de materiales, el diseño de componentes y el enfoque de fabricación, tal como se analiza en la página 36 de la Fase D.

	Responsabilidad principal	Entrada	Consideraciones de diseño de la materialización
☐ Mantener Ideas _____ _____ _____	Diseño e ingeniería Impacto y sostenibilidad	Regulación y calidad	Operaciones y cadena de suministro
☐ Reparar Ideas _____ _____ _____			
☐ Reutilizar Ideas _____ _____ _____			
☐ Reacondicionar Ideas _____ _____ _____			
☐ Remanufacturar Ideas _____ _____ _____			
☐ Cambiar de uso Ideas _____ _____ _____			
☐ Reciclar Ideas _____ _____ _____			
☐ Renovar Ideas _____ _____ _____			

Visite la página siguiente para obtener más detalles sobre las diversas consideraciones de diseño de la materialización.

Detalles de la materialización a considerar

Seleccione una idea de la Fase C y una fila relevante de la matriz (según la página anterior) para asignar conceptos a detalles físicos. Repita según sea necesario.

Responsabilidad principal

 Diseño e ingeniería

 Impacto y sostenibilidad

Entrada

 Regulación y calidad

 Operaciones y cadena de suministro

 Clínica y usuario final

CONSIDERACIÓN de la página anterior	Ideas de materialización para generar ideas				Enlaces adicionales
Desmontaje	☐ Minimizar el número de componentes utilizados	☐ Crear subconjuntos modulares	☐ Evitar el uso de adhesivos	☐ Mejorar la accesibilidad (estandarización)	➤ 84 Métodos de ensamblaje adecuados para el desmontaje
Longevidad	☐ Utilice materiales duraderos	☐ Instrucciones de uso claras y accesibles	☐ Permita actualizaciones del producto	☐ Asegure un ensamblaje de piezas bien ajustadas	
Percepción de valor	☐ Aumentar el apego emocional	☐ Asegurar un alto valor financiero percibido	☐ Asegurar un alto valor funcional percibido	☐ Asegurar un alto valor de eficiencia percibido	
Seguridad clínica	☐ Minimizar el riesgo de infección	☐ Mantener la calidad y la función del dispositivo	☐ Evitar/cubrir toxinas y objetos punzantes si es posible	☐ Evitar interacciones biológicas no deseadas	
Privacidad del paciente	☐ Asegúrese de eliminar los datos del paciente del dispositivo	☐ Asegure el almacenamiento de datos adecuadamente	☐ Garantice la privacidad percibida de los datos	☐ Evite el acceso no autorizado al dispositivo	➤ 85 Materiales de base biológica aprobados médicamente
Degradabilidad	☐ Utilizar materiales biodegradables (si es seguro)	☐ Evitar residuos químicos (riesgos)	☐ Evitar interacciones biológicas no deseadas	☐ Si es seguro, acelerar el proceso de compostaje con material de base biológica aprobado	
Evaluación de calidad	☐ Asegurar criterios bien definidos y medibles	☐ Asegurar un método de prueba de calidad eficiente	☐ Determinar las consecuencias negativas de la prueba	☐ Asegurar la generalización de la evaluación	
Trazabilidad	☐ Garantizar un acceso fácil y seguro a la información del producto	☐ Registrar el número de ciclos por producto	☐ Contar los ciclos por pieza o material	☐ Proporcionar información detallada sobre el material y los defectos	➤ 91 Estrategias/orientación de descontaminación
Limpiabilidad	☐ Elegir materiales compatibles con la limpieza	☐ Minimizar el número de componentes utilizados	☐ Evitar formas que provoquen acumulación de suciedad	☐ Impermeabilizar el dispositivo si es necesario	
Separación de materiales	☐ Minimizar la cantidad de materiales utilizados	☐ Evitar el uso de materiales mixtos	☐ Elegir materiales de mayor valor si es posible	☐ Evitar los métodos de ensamblaje adhesivos	Materiales compatibles con el reciclaje ➤ 85
Descontaminación	☐ Minimizar el uso de sustancias peligrosas	☐ Asegurar que las baterías sean fáciles de extraer	☐ Indicar claramente el uso de toxinas (si se incluyen)	☐ Facilitar la extracción fácil y segura de las toxinas	Materiales reciclables aprobados médicamente ➤ 85

Desmonte su dispositivo. Desmonte su dispositivo o uno similar y documente cada componente y material. Asocie cada material a su impacto ambiental.

Optimice su diseño circular

En el diseño de la implementación, tres categorías de consideraciones son relevantes para todas las estrategias circulares del dispositivo. Estas consideraciones proporcionan una perspectiva general para evaluar las estrategias durante el proceso de lluvia de ideas en la Fase D, páginas 34-35.

Responsabilidad principal

 Diseño e ingeniería

 Impacto y sostenibilidad

Entrada

 Regulación y calidad

 Operaciones y cadena de suministro

 Clínica y usuario final



Selección de materiales

Tenga en cuenta los siguientes criterios al seleccionar los materiales.

- ☐ Evalúe las opciones de materiales desde la perspectiva del ciclo de vida. Seleccione únicamente materiales de origen biológico o renovables cuando se hayan demostrado sus beneficios medioambientales.
- ☐ Cuando existan disyuntivas, priorice la durabilidad sobre la reciclabilidad en los dispositivos destinados a múltiples ciclos de uso.
- ☐ Minimice el uso de materiales sin comprometer la seguridad, la calidad ni el rendimiento.



Diseño de componentes

Tenga en cuenta los siguientes criterios al definir los componentes.

- ☐ Priorice las estrategias de durabilidad, reutilización o sustitución de los componentes que tengan impactos ambientales significativos.
- ☐ Diseñe los componentes propensos al desgaste o sensibles a la contaminación de manera que sean reemplazables, reparables o susceptibles de mantenimiento siempre que sea factible.
- ☐ Cuando proceda, ajuste la vida útil de los componentes a la vida útil prevista y a los ciclos de uso del dispositivo en su conjunto.



Enfoque de fabricación

Tenga en cuenta los siguientes criterios al seleccionar los procesos de fabricación.

- ☐ Cuando proceda, seleccione métodos de fabricación que minimicen el impacto en el ciclo de vida, manteniendo la calidad del material y permitiendo una recuperación y un reprocesamiento eficaces.

Abordar las barreras comunes de implementación

Las estrategias circulares pueden introducir cambios técnicos, regulatorios, financieros y organizativos. Considere cómo podría superar las barreras comunes que se detallan a continuación.

Responsabilidad principal

 Diseño e ingeniería

 Impacto y sostenibilidad

Entrada

 Regulación y calidad

 Operaciones y cadena de suministro

 Clínica y usuario final

Superar las barreras de implementación más comunes

No todas las barreras se aplicarán a todos los dispositivos. Céntrese en aquellas que sean más relevantes para su producto, contexto y estrategia circular.

Riesgos de seguridad (percibidos)



Las preocupaciones relacionadas con la contaminación, el control de infecciones o la seguridad del paciente pueden limitar la adopción de soluciones circulares.

Posibles estrategias de mitigación

Pregunta: ¿son reales estos riesgos?

Mitigar mediante una descontaminación adecuada.

➤ Vuelva a consultar la página 91 de descontaminación.

Cumplimiento normativo



Los dispositivos médicos circulares no siempre cumplen con todas las normativas.

Posibles estrategias de mitigación

Comprender el marco regulatorio. Revise la normativa para comprobar si las interpretaciones son correctas.

Involucra a los reguladores desde el principio y comience con los proyectos piloto.

Haga clic para obtener más inspiración.

Limitaciones tecnológicas



Algunos dispositivos médicos están obsoletos o son demasiado innovadores para llegar a comercializarse.

Posibles estrategias de mitigación

Evalúe las limitaciones: ¿puede diseñar de forma diferente?

Si esto supone un problema real, revise las fases A y B para comprobar si se puede mejorar la visión de su dispositivo.

Restricciones financieras



La circularidad puede requerir inversiones o complicar los modelos de negocio.

Posibles estrategias de mitigación

Cree un modelo de negocio circular y desarrolle una hoja de ruta para su implementación que sea financieramente viable.

➤ Ejemplo p. 88
Restricción financiera
—¿o miedo? Descubra cómo el diseño circular genera valor en la imagen médica.



Aceptación de las partes interesadas



Los dispositivos médicos circulares no siempre son aceptados por el usuario o el paciente.

Posibles estrategias de mitigación

Genere confianza priorizando y comunicando los beneficios en materia de seguridad y rendimiento.

Priorice los criterios relacionados con el valor percibido y aplique la cocreación.

La siguiente página ofrece ejemplos de cómo adaptarse a las barreras

Adaptación a las barreras

Ejemplos de adaptaciones para barreras que no se pueden prevenir o superar



Diseño híbrido

El dispositivo laparoscópico cuenta con una unidad electrónica reutilizable y un mango de plástico reciclable.



Diseño recargable

Los cartuchos del autoinyector se reemplazan periódicamente, lo que permite que el dispositivo principal se utilice de forma continua.



Diseño con funda

La sonda de ultrasonido utiliza una funda desechable, lo que evita la necesidad de desechar componentes electrónicos.

Responsabilidad principal



Diseño
e ingeniería



Impacto y
sostenibilidad

Entrada



Regulación
y calidad



Operaciones y cadena de suministro



Clínica
y usuario final

► Ejemplos detallados página 89

TAREA

Genere ideas para estrategias de mitigación. Desarrolle una estrategia de mitigación para todas las columnas. Por ejemplo, busque una estrategia de descontaminación para cada concepto que se ajuste al uso previsto, al nivel de criticidad y a las estrategias circulares seleccionadas. En este caso, tenga en cuenta que la limpieza excesiva genera un impacto ambiental innecesario.

Resumen D

Utilice estas páginas para documentar al menos tres de sus conceptos de dispositivos más sólidos de las páginas anteriores. Para cada caso, describa el concepto y registre las decisiones de diseño clave y las conclusiones de esta fase, proporcionando una base clara y basada en evidencia para la evaluación posterior.

Responsabilidad principal

D

Diseño e ingeniería

B

Negocios y estrategia

Entrada

I

Impacto y sostenibilidad

Concepto 1 - descripción

Materialización

Barreras que este concepto podría encontrar

Estrategias para superar estas barreras

Concepto 2 - descripción

Materialización

Barreras que este concepto podría encontrar

Estrategias para superar estas barreras

Concepto 3 - descripción

Materialización

Barreras que este concepto podría encontrar

Estrategias para superar estas barreras

EVALUAR

Determine el impacto real

En esta fase, se estiman cuantitativamente los beneficios ambientales y clínicos/comerciales de todas las mejores ideas. Evaluar sus nuevas ideas de forma objetiva, ya sea comparándolas entre sí o con el estándar de atención actual, le permite tomar decisiones basadas en la evidencia sobre qué idea(s) implementar. Esto ayuda a evitar el ecoblanqueo o el desperdicio de dinero y tiempo, y las ideas que no son viables ahora pueden dejarse para el futuro.

Principales roles responsables

Diseño
y ingeniería

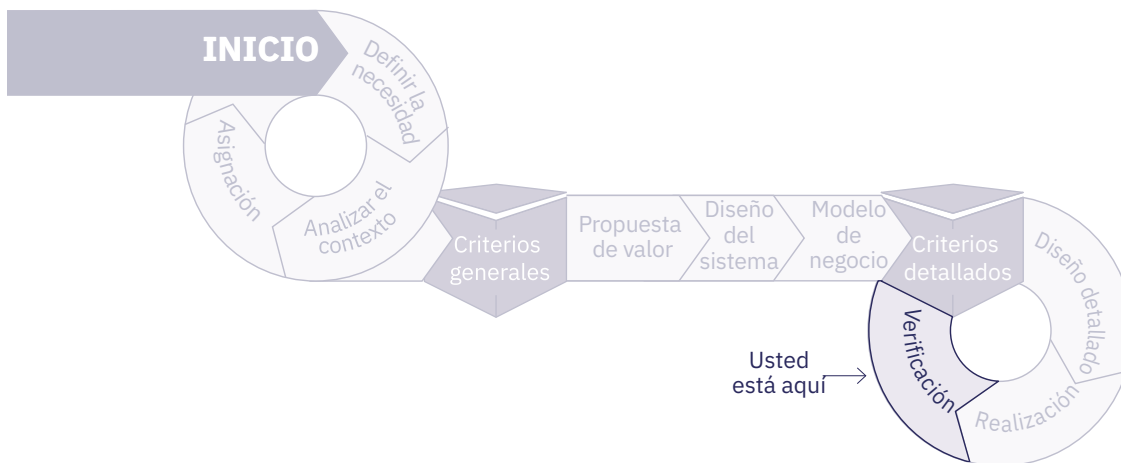
Impacto y
sostenibilidad

Operaciones
y cadena de
suministro

Negocio
y estrategia

Regulación
y calidad

Clínica
y usuario final



Glosario, página 92

Ver
el
vídeo



Evalúe la sostenibilidad de sus conceptos

Utilice las herramientas que aparecen a continuación para evaluar cada concepto de diseño y comprobar si aporta mejoras demostrables en materia de sostenibilidad, así como para identificar cualquier factor que pudiera contrarrestar dichas mejoras.

Responsabilidad principal

- Impacto y sostenibilidad

Información para la toma de decisiones

- Negocios y estrategia
- Diseño e ingeniería
- Clínica y usuario final

Métodos para analizar la sostenibilidad ambiental
Utilizando el mismo método de evaluación del ciclo de vida (u otra métrica) que utilizó en la Fase A, evalúe el impacto ambiental de cada concepto de dispositivo y compárelo entre sí y/o con el estándar de atención actual para identificar qué concepto ofrece la mayor mejora.

Evaluación social

Además de la evaluación medioambiental, tenga en cuenta también la sostenibilidad social del concepto de su dispositivo para garantizar que priorice el bienestar humano, la equidad, los derechos humanos básicos y la inclusión.

Posibles efectos rebote

Las soluciones circulares pueden generar consecuencias no deseadas que contrarresten sus beneficios en materia de sostenibilidad. Al evaluar los conceptos de los dispositivos, considere si la solución podría generar algún efecto adverso y anticipe los posibles problemas cuando sea pertinente.



Ejemplo

Mayores complicaciones para el paciente

, por ejemplo, el catéter reutilizable puede ser más difícil de limpiar, lo que aumenta el riesgo de infección y el uso de recursos para tratamientos adicionales.



Ejemplo

Aumento de los reingresos hospitalarios

, por ejemplo, los implantes ortopédicos reacondicionados necesitan una monitorización adicional, lo que aumenta los desplazamientos y el uso de recursos hospitalarios.



Ejemplo

Se necesita más equipo de seguridad

por ejemplo, los endoscopios reutilizables complejos pueden requerir EPI adicionales, agentes de limpieza y energía durante el reprocesamiento.

Revisar

Analice las posibles consecuencias no deseadas de cada uno de sus conceptos de dispositivo y aprenda a mitigarlas. Tenga en cuenta estos aspectos al estimar los impactos a través de las métricas utilizadas en la Fase A.

Revise los resultados de las Fases B, C y D para identificar dónde es más probable que surjan consecuencias no deseadas.

Resumen E

Compare el impacto ambiental de al menos tres conceptos sólidos con respecto al punto de partida de la Fase A para identificar cuál ofrece la mayor mejora. Documente y comparta este logro con su organización para poder justificar el desarrollo.

Responsabilidad principal

Negocios y estrategia

Impacto y sostenibilidad

Entrada

Diseño e ingeniería

Clínica y usuario final

Matriz de decisión

La matriz de decisión respalda la evaluación estructurada y la priorización de los conceptos creados para las fases de desarrollo subsiguientes. Ubique los diferentes conceptos en las columnas asignadas, con los criterios de evaluación formulados en las filas. Para obtener la puntuación de sostenibilidad, utilice el cálculo del porcentaje de mejora de la página anterior. Para determinar el valor comercial/clínico, defina criterios de evaluación relevantes como el tiempo de incubación, el coste de inversión, el retorno de la inversión, la capacidad de fabricación, la lista de materiales, el rendimiento, la usabilidad y la integración en el flujo de trabajo hospitalario. Califique cada concepto del **1 (mucho peor que el valor inicial)** al **3 (igual que el valor inicial)** al **5 (mucho mejor que el valor inicial)** y asigne una ponderación al criterio de **1 (importancia baja)** a **5 (importancia alta)**. Multiplicar las puntuaciones por ponderaciones y sumar los resultados proporciona una clasificación transparente que ayuda a tomar decisiones de selección. Considere la integración de los impactos sociales en la puntuación de sostenibilidad. Asegúrese de poder justificar la lógica y los criterios utilizados para determinar la puntuación de cada concepto.

Puntuación de sostenibilidad						Concepto 1					Concepto 2					Concepto 3				
Reducción esperada de los puntos críticos ambientales identificados						1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Puntuación de valor comercial/clínico						Concepto 1					Concepto 2					Concepto 3				
Criterios de evaluación I	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Criterios de evaluación II	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Criterios de evaluación III	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
= $\frac{\text{suma de (puntuación de criterios} \times \text{peso)}}{\text{suma de pesos}}$																				

El concepto con la puntuación total más alta, suponiendo que la ponderación refleje las prioridades de las partes interesadas, es probablemente el candidato más sólido para seguir adelante. Si un concepto obtiene una puntuación baja, vuelva a la Fase B para explorar otras oportunidades de reducir el impacto antes de continuar.

Matriz de implementación

Complete la matriz de implementación de la izquierda para determinar su enfoque. Utilice la puntuación de mejora ambiental de la página 43 de la Fase E para determinar la posición de sus conceptos en el eje vertical. Utilice la puntuación de valor empresarial de la matriz de decisión para determinar su posición en el eje horizontal.



A

B

C

D

E

Resumen E

Una vez seleccionados los conceptos más sólidos, utilice la matriz de implementación que aparece a continuación para crear un plan de acción concreto. Decida qué conceptos son más relevantes para implementar ahora y cuáles se deben programar para una etapa posterior.

Responsabilidad principal

 Negocios
y estrategia

 Impacto y
sostenibilidad

Entrada

 Diseño
e ingeniería

 Clínica
y usuario final

Implementar ahora	
Idea/Acción	
Beneficios esperados (por ejemplo, % de reducción de CO2, kg de residuos evitados)	

Se pueden enumerar más ideas, si se desea.

Planificar para más adelante	
Idea/Acción	
Beneficios esperados (por ejemplo, % de reducción de CO2, kg de residuos evitados)	
Cuándo	

Se pueden enumerar más ideas, si se desea.

Implementación
Tome el concepto más sólido y comience a ejecutarlo.



Diseñado para circular

Con esta guía, usted ha desarrollado conceptos de economía circular para el dispositivo médico, sentando las bases para reducir el impacto ambiental al tiempo que se mantiene el rendimiento clínico, técnico y económico.



Lo que ha logrado

Este proceso ha cubierto las fases clave del desarrollo de un dispositivo médico circular, desde la identificación de puntos críticos ambientales y la exploración de estrategias circulares hasta la traducción de estas en decisiones de diseño concretas que reducen el impacto ambiental y extienden la vida útil de los productos, componentes y materiales.

¿Qué sigue?

Una vez elegido un concepto de dispositivo circular, el siguiente paso es desarrollar, probar y perfeccionar aún más el dispositivo o servicio y sus ideas. La participación continua de las partes interesadas a lo largo de todo el proceso garantizará que sus comentarios sirvan de guía para las futuras iteraciones. Tras su implementación, supervise el rendimiento del dispositivo en la práctica e identifique oportunidades para reforzar aún más el desempeño en materia de economía circular cuando sea apropiado.

Ir más allá

Diseñar un dispositivo o servicio circular es un paso hacia una asistencia sanitaria más sostenible. Existen otras oportunidades para generar impacto, por ejemplo, en los sistemas de asistencia sanitaria, las cadenas de suministro, las prácticas de adquisición, los modelos de negocio y las políticas públicas.

Un enfoque es considerar cómo podría funcionar la asistencia sanitaria en las próximas décadas y qué cambios son necesarios para lograr esa visión. Pensar más allá de los productos individuales puede ayudar a identificar oportunidades para acelerar la circularidad a un nivel sistémico más amplio.

¿Quiere saber más?

- Enlace a la tesis doctoral de T. Hoveling, repository.tudelft.nl
- Sitio web de la UE sobre futuras regulaciones, eur-lex.europa.eu
- Departamento de Ingeniería de Diseño Sostenible | TU Delft, tudelft.nl/en/ide/about-ide/departments/sustainable-design-engineering
- Libro DesHealth, sustainablehospital.org/guide
- Sustainable Design from Vision to Action: <http://sdva.green/>

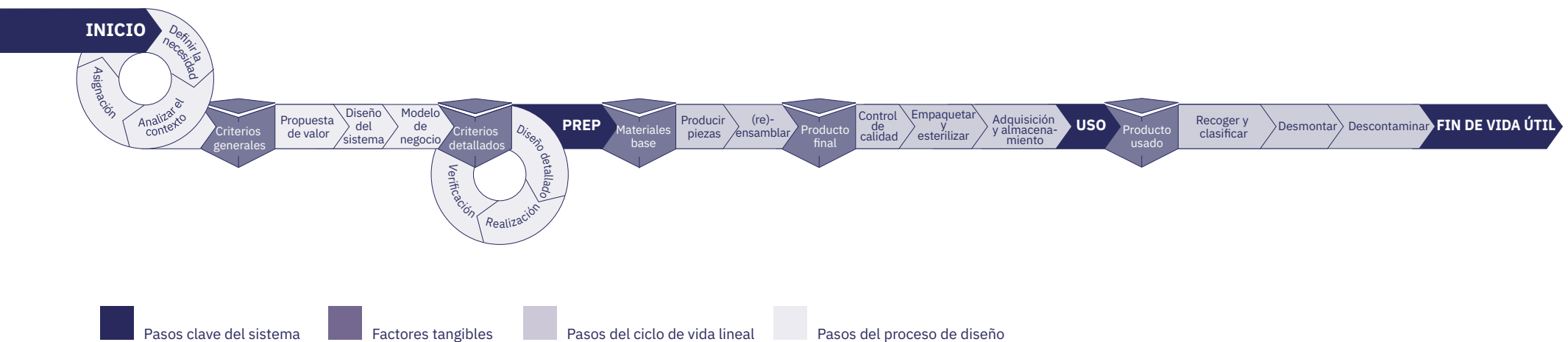
Salud digital en la economía circular



Flujos circulares en la asistencia sanitaria

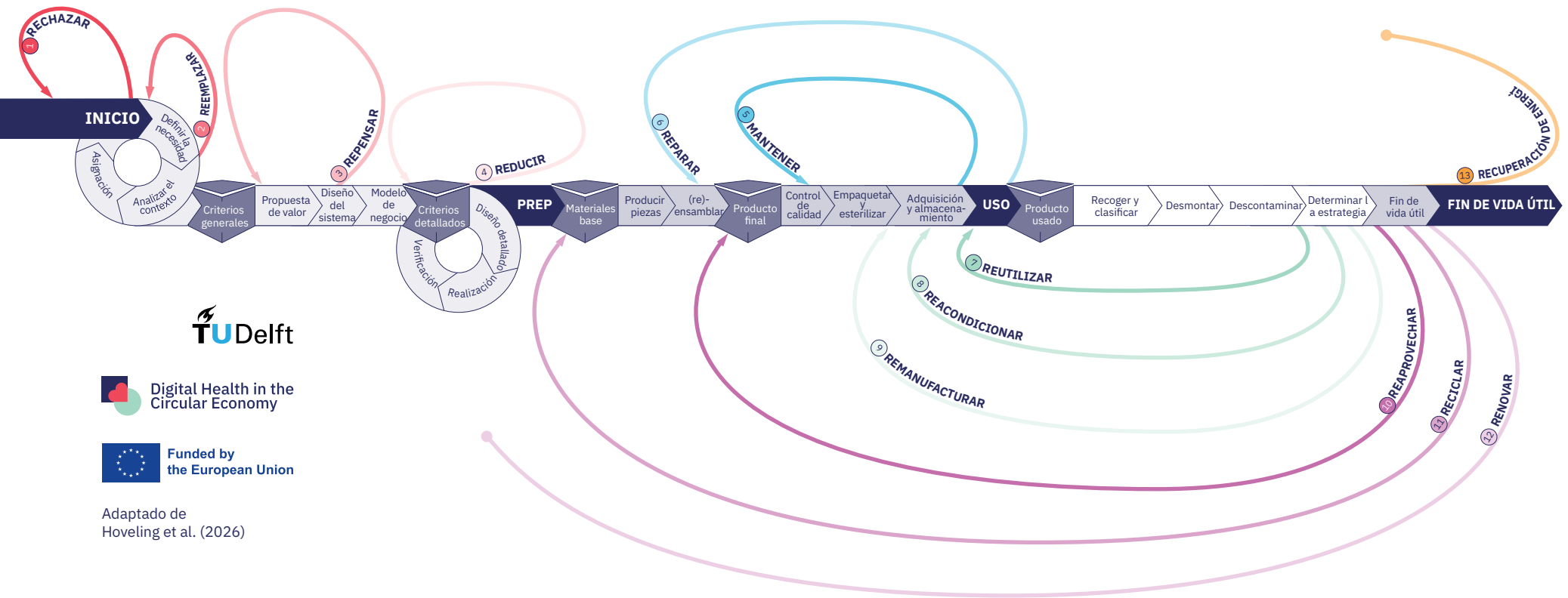
Ciclo de vida lineal de los dispositivos médicos

El siguiente diagrama representa el ciclo de vida convencional de los dispositivos médicos dentro del sistema sanitario actual. En este modelo predominantemente lineal, los dispositivos progresan a través del desarrollo, la fabricación, la distribución, el uso y la eliminación, con una recuperación limitada de dispositivos, componentes o materiales al final de su vida útil. La mayoría simplemente se desechan e incineran al final de su vida útil. En la página siguiente, consulte el ciclo de vida circular para aprender a desarrollar dispositivos más sostenibles.



Flujos circulares en la asistencia sanitaria

El diagrama que aparece a continuación representa el ciclo de vida circular de los dispositivos médicos y las estrategias circulares introducidas para hacerlo posible. Estas estrategias ayudan a prolongar la vida útil de los productos, componentes y materiales, y deberían incorporarse ya durante el desarrollo de los dispositivos.



Definiciones de estrategias circulares

Esta página define las estrategias circulares y las etapas del ciclo de vida en las que se suelen aplicar.

Las estrategias que se implementan al principio de la jerarquía suelen tener mayor impacto que las que se implementan más adelante en el ciclo de vida.

I Investigación, Diseño y Desarrollo

1 Rechazar

El acto intencional de rechazar la producción, el consumo o el uso de un producto, material o procedimiento médico, en particular aquellos que son innecesarios, insostenibles o dañinos.

2 Reemplazar

Sustituir un producto o procedimiento médico por una alternativa que cumpla la misma función pero que reduzca significativamente el impacto ambiental.

3 Repensar

Mejorar sistémicamente los procedimientos relacionados con el uso del producto para impulsar prácticas ambientalmente sostenibles, como por ejemplo replantear el transporte de pacientes y la telemedicina, compartir productos o introducir multifuncionalidad.

4 Reducir

Aumentar la eficiencia en la prestación de asistencia sanitaria y la fabricación de dispositivos médicos minimizando el uso de energía y recursos, evitando la producción o el consumo innecesarios, limitando las sustancias peligrosas y minimizando los procedimientos (innecesarios).

II Preservación del rendimiento

5 Mantener

Preservar la calidad, la función y la seguridad de los productos médicos y los entornos clínicos para garantizar un rendimiento fiable, prolongar su vida útil y reducir el riesgo de fallos de funcionamiento que podrían provocar posibles fallos en el tratamiento.

6 Reparar

Restaurar un producto o componente defectuoso o roto a un estado utilizable para cumplir con su uso previsto, lo que normalmente implica un mantenimiento correctivo, asegurando que se cumplan las especificaciones de seguridad y rendimiento durante un período prolongado de tiempo.

III Recogida y Descontaminación

No se trata de estrategias circulares, sino de una guía paso a paso sobre la recogida y la descontaminación.

IV Reprocesamiento para Uso previsto

7 Reutilizar

Uso repetido de un dispositivo médico en múltiples pacientes para el mismo propósito previsto, después de la descontaminación cuando sea necesario y sin modificaciones significativas.

8 Reacondicionar

Restaurar un producto a un buen estado de funcionamiento mediante descontaminación, reparaciones, actualizaciones, cambios estéticos, comprobaciones de rendimiento, reinstalación, garantía y sustitución de piezas.

9 Remanufacturar

Restaurar productos y componentes, a menudo utilizando piezas de productos desechados, para lograr una condición como nueva a través del desmontaje, la descontaminación, el control de calidad, la certificación, el reempaquetado y la redistribución.

V Investigación, diseño y desarrollo

10 Cambiar de uso

Utilizar productos o piezas desechados para fines distintos a los previstos originalmente, como en diversos contextos (por ejemplo, procedimientos de atención veterinaria), propósitos (por ejemplo, diferentes procedimientos humanos) y lugares (por ejemplo, países en desarrollo).

11 Reciclar

Transformar los materiales de desecho de productos o recursos usados en nuevas materias primas, ya sean de la misma calidad o de menor calidad, por ejemplo, mediante la descontaminación, la trituración y el moldeo.

12 Renovar

Transformar materiales de desecho, fuentes de energía y otras sustancias en elementos básicos como dióxido de carbono, agua, biomasa o tejido humano (para medicina regenerativa) a través de procesos naturales.

VI Fugas

13 Recuperar energía

Incineración (o incineración médica) de residuos con recuperación de energía.

Este espacio anteriormente
contenía el póster A2



Ejemplos detallados



Esterilizadores de cepillos de dientes con luz ultravioleta

Los esterilizadores de cepillos de dientes con luz ultravioleta están diseñados para eliminar las bacterias de las cerdas del cepillo de dientes mediante la tecnología de luz UV-C. Estos dispositivos se comercializan como soluciones de higiene que proporcionan una limpieza adicional después del cepillado, aunque su valor añadido en comparación con el cuidado habitual con cepillo de dientes sigue siendo limitado en el uso rutinario.

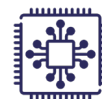
Por qué recomendamos rechazar

Actualmente no existen pruebas científicas sólidas que demuestren que los esterilizadores de cepillos de dientes con luz ultravioleta proporcionen mejoras significativas en la salud bucal más allá de los beneficios que se consiguen mediante técnicas de cepillado adecuadas, el reemplazo regular del cepillo de dientes y las prácticas de higiene estándar. Si bien estos dispositivos se comercializan como soluciones de saneamiento adicionales, su valor clínico sigue siendo incierto en la atención dental de rutina.

Sin mejoras demostradas en los resultados para los pacientes, resulta difícil justificar el impacto ambiental asociado a la producción, el uso y la eliminación de estos dispositivos. Los esterilizadores de cepillos de dientes UV requieren materiales, componentes electrónicos, consumo de energía, embalaje y recursos de fabricación adicionales en comparación con las prácticas convencionales de cuidado del cepillo de dientes. Estos impactos se producen sin que exista evidencia clara de un beneficio correspondiente para la salud. Eliminar los productos que ofrecen un valor clínico limitado puede ayudar a evitar el uso innecesario de recursos y prevenir la generación de residuos electrónicos evitables. Dar prioridad a las prácticas de higiene bucal basadas en la evidencia permite que los sistemas de salud y los consumidores se centren en intervenciones con beneficios comprobados, al tiempo que se fomentan opciones más sostenibles.

Por este motivo, los esterilizadores de cepillos de dientes con luz ultravioleta representan un fuerte candidato para su retirada del mercado. La eliminación de dispositivos de bajo valor puede contribuir a una asistencia sanitaria más sostenible, al garantizar que los recursos se destinen a soluciones que ofrezcan mejoras cuantificables en los resultados de salud.

Beneficios de rechazar



Menos residuos electrónicos



Menor consumo de energía



Menor producción de plástico



Menores requisitos de transporte

Conclusión clave

El valor añadido de un dispositivo médico debe justificar su impacto ambiental, asegurando que los recursos apoyen mejoras significativas en la atención al paciente.



Dispositivos de ventosas para sangría

Algunos dispositivos de ventosas permiten realizar sangrías, que consisten en la extracción controlada de sangre del cuerpo. Estos dispositivos se promocionan por sus posibles beneficios terapéuticos, incluido el alivio del dolor y el tratamiento de afecciones crónicas, aunque la evidencia clínica que respalda su eficacia y valor añadido sigue siendo limitada en comparación con los tratamientos establecidos.

Por qué recomendamos rechazar

La evidencia proveniente de revisiones sistemáticas indica que la terapia con ventosas para sangría proporciona poco o ningún beneficio terapéutico confiable para el manejo del dolor o las afecciones crónicas. Si bien estos dispositivos se promocionan como opciones de tratamiento alternativas, la evidencia disponible no demuestra mejoras consistentes en los resultados de los pacientes en comparación con las terapias establecidas. Además, su uso conlleva riesgos potenciales, como irritación de la piel, complicaciones hemorrágicas e infecciones.

Debido a que los dispositivos de ventosas para sangría entran en contacto directo con la sangre, a menudo requieren manipulación y eliminación como residuos médicos potencialmente peligrosos después de su uso. Esto genera cargas ambientales y operativas adicionales para los centros sanitarios, incluyendo el procesamiento especializado de residuos y mayores requisitos de eliminación.

Muchos sistemas de ventosas para sangría también contienen componentes de plástico, como válvulas, bombas y cámaras de recolección, que pueden ser difíciles de reciclar debido a los riesgos de contaminación. Algunos productos están diseñados para un solo uso, lo que aumenta el consumo de materiales y la generación de residuos. Cuando los dispositivos ofrecen un valor clínico limitado a la vez que generan impactos ambientales adicionales, resulta difícil justificar su uso continuado. Retirar estos productos de la circulación contribuye a una asistencia sanitaria más sostenible al priorizar las intervenciones con beneficios probados, reducir los residuos innecesarios y destinar los recursos a soluciones eficaces para la atención al paciente.

Beneficios de rechazar



Menos residuos médicos peligrosos



Menos componentes desechables



Menores restricciones regulatorias



Reducción de los riesgos de efectos adversos

Conclusión clave

Los dispositivos médicos solo deben utilizarse cuando su valor terapéutico comprobado supere los impactos ambientales, los riesgos y la generación de residuos.



Ventiladores para bebés prematuros

Con frecuencia se requiere ventilación mecánica para ayudar a los bebés prematuros con dificultad respiratoria. Si bien los avances en la tecnología de ventilación han propiciado el desarrollo de nuevos dispositivos, muchas mejoras en la atención respiratoria neonatal pueden lograrse optimizando las estrategias y los ajustes de ventilación en los equipos existentes, en lugar de introducir nuevos dispositivos.

Por qué recomendamos reemplazar

La evidencia demuestra que las estrategias de ventilación protectora pulmonar, como los volúmenes corrientes adecuados, la presión positiva al final de la espiración (PEEP), los niveles de oxígeno objetivo y el destete oportuno, pueden reducir la lesión pulmonar inducida por el ventilador y mejorar los resultados en los bebés prematuros. Estas mejoras se logran principalmente mediante una gestión eficaz de los ventiladores y una buena práctica clínica, más que mediante la introducción de equipos más modernos.

La optimización del uso de los respiradores existentes permite a los equipos sanitarios proporcionar una atención respiratoria de alta calidad y basada en la evidencia, al tiempo que se prolonga la vida útil de los dispositivos disponibles. Evitar la sustitución innecesaria reduce el impacto ambiental asociado a la fabricación, el transporte, el embalaje y la eliminación de equipos nuevos, incluidas las emisiones de gases de efecto invernadero y el consumo de recursos.

Cuando los respiradores existentes siguen cumpliendo los requisitos de seguridad y rendimiento, las inversiones en la formación del personal, los protocolos basados en la evidencia y el mantenimiento preventivo pueden aportar un mayor valor clínico y medioambiental que la sustitución de los dispositivos funcionales. Los nuevos respiradores siguen siendo importantes cuando el equipo actual no puede satisfacer las necesidades del paciente, carece de características esenciales o ya no cumple con las normas de seguridad. Al priorizar el uso óptimo de la tecnología existente, los sistemas de salud pueden mantener una atención neonatal de calidad, al tiempo que reducen el uso evitable de recursos y apoyan prácticas médicas más sostenibles.

Beneficios de reemplazar



Mejor uso del equipo existente



Mayor vida útil del ventilador



Menos residuos de equipos médicos



Menor huella de carbono y de fabricación

Conclusión clave

El uso de respiradores existentes en lugar de desarrollar nuevos dispositivos reduce el impacto ambiental al tiempo que mantiene un soporte respiratorio eficaz para los bebés prematuros.



Monitores electrónicos de presión arterial

La presión arterial se puede medir manualmente o con monitores electrónicos que utilizan sensores oscilométricos para la medición automática y la visualización digital. Debido a su comodidad, facilidad de uso y a que proporcionan lecturas rápidas, los tensiómetros electrónicos se utilizan ampliamente en hospitales, clínicas y otros centros sanitarios.

Por qué recomendamos reemplazar

Los tensiómetros digitales ofrecen una precisión diagnóstica moderada en comparación con la medición manual, con una sensibilidad combinada de aproximadamente el 79 % para detectar la hipertensión. Esto indica que, si bien los dispositivos digitales son eficaces para la detección y el seguimiento rutinarios, la medición manual de la presión arterial sigue siendo una alternativa fiable en entornos de atención estable cuando la realizan correctamente profesionales sanitarios capacitados.

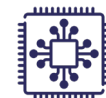
Además de proporcionar resultados clínicos comparables en muchas situaciones rutinarias, los dispositivos manuales para medir la presión arterial tienen un impacto ambiental sustancialmente menor. No requieren electricidad ni baterías, no contienen componentes electrónicos y, por lo general, tienen una vida útil más larga con menos necesidad de reemplazo. Como resultado, generan menos residuos electrónicos y requieren menos recursos y energía a lo largo de su ciclo de vida que los monitores digitales.

Cuando no existe una diferencia significativa en los resultados para el paciente, seleccionar la opción con menor impacto ambiental contribuye a una prestación de atención médica más sostenible. Por lo tanto, para la medición rutinaria de la presión arterial en pacientes estables, los dispositivos manuales representan una opción práctica y preferible desde el punto de vista medioambiental, a la vez que mantienen un rendimiento clínico aceptable. Los monitores digitales siguen siendo valiosos cuando la automatización, las mediciones repetidas con rapidez o las necesidades específicas del paciente los convierten en la opción más adecuada.

Beneficios de rechazar



No requiere batería ni energía



Sin componentes ni residuos electrónicos (sin materias primas críticas / MRC)



Mayor vida útil del dispositivo



Menor huella de fabricación

Conclusión clave

Cuando la fiabilidad clínica es comparable, se debe preferir la opción más sencilla y de menor impacto para reducir el impacto ambiental sin comprometer la atención al paciente.



Suministro integrado de oxígeno y oximetría

Los oxímetros de pulso miden la saturación de oxígeno en sangre (SpO_2) y la frecuencia del pulso, mientras que las mascarillas de oxígeno y las cánulas nasales proporcionan oxígeno suplementario. Tradicionalmente, estas funciones se realizan mediante dispositivos independientes, cada uno de los cuales requiere sus propios materiales, embalaje, mantenimiento y sustitución a lo largo de su ciclo de vida.

Por qué recomendamos repensar

La combinación de la administración de oxígeno y la oximetría de pulso en un único dispositivo multifuncional ofrece la oportunidad de optimizar el uso de los recursos al tiempo que se mantiene una atención eficaz al paciente. Una mascarilla de oxígeno o una cánula nasal con sensores de SpO_2 integrados podrían proporcionar oxigenoterapia a la vez que monitorizan continuamente la saturación de oxígeno, eliminando la necesidad de dispositivos separados para la administración y la monitorización.

Este enfoque integrado reduce el número de dispositivos necesarios durante el tratamiento, disminuyendo el consumo de materiales, el embalaje, la fabricación, el transporte, la limpieza y los residuos al final de su vida útil. También puede simplificar la gestión de compras e inventario al reducir el número de productos que las organizaciones de asistencia sanitaria necesitan comprar, almacenar, mantener y reemplazar. Para los profesionales sanitarios, los dispositivos multifuncionales pueden mejorar el flujo de trabajo al reducir la manipulación de los dispositivos, simplificar la configuración y minimizar el desorden alrededor del paciente.

Para una implementación exitosa se requieren dispositivos integrados que garanticen un rendimiento clínico fiable, una buena usabilidad y la seguridad del paciente. Cuando los diseños multifuncionales ofrecen una funcionalidad equivalente a la de dispositivos separados, la sustitución de múltiples productos por una única solución contribuye a una prestación de servicios sanitarios más sostenible. Este enfoque promueve el diseño eficiente de dispositivos médicos al reducir el uso innecesario de recursos, manteniendo al mismo tiempo una atención al paciente de alta calidad. Al combinar funciones esenciales en un solo dispositivo, los sistemas de asistencia sanitaria pueden reducir el impacto ambiental sin comprometer la eficacia clínica, la seguridad ni los resultados para el paciente.

Beneficios de reemplazar



Menos dispositivos necesarios durante el tratamiento



Menor uso de materiales y embalaje



Menor impacto ambiental del ciclo de vida



Flujo de trabajo clínico simplificado

Conclusión clave

Cuando las funciones clínicas relacionadas se pueden integrar de forma segura, los dispositivos multifuncionales reducen el consumo de recursos al tiempo que simplifican la prestación de atención médica.



Combinación de monitorización de ECG y SpO₂

La monitorización mediante electrocardiograma (ECG) y oximetría de pulso (SpO₂) se utiliza habitualmente de forma conjunta para evaluar las constantes vitales del paciente. La combinación de estas funciones en un único dispositivo o sistema integrado puede reducir el número de componentes separados necesarios y parece ofrecer una solución más eficiente en cuanto al uso de recursos.

Buena intención

Integre la monitorización de ECG y SpO₂ para reducir los componentes desechables, simplificar el uso del equipo y disminuir el consumo de materiales. La combinación de funciones de monitorización tiene como objetivo mejorar la eficiencia del flujo de trabajo al reducir el número de dispositivos independientes necesarios junto a la cama del paciente. Sin embargo, este enfoque debe tener en cuenta el impacto en todo el ciclo de vida, incluidos los requisitos de limpieza, las necesidades de mantenimiento, el consumo de energía y la complejidad del dispositivo. Una reducción en los productos desechables no siempre se traduce en una menor huella ambiental si se introducen cargas operativas adicionales. Las soluciones sostenibles deben equilibrar la eficiencia en el uso de los recursos con la utilidad clínica práctica y el desempeño ambiental a largo plazo.

Consecuencia negativa

Los sistemas integrados pueden aumentar los requisitos de limpieza, las necesidades de mantenimiento y la complejidad de los dispositivos. Si bien la combinación de la monitorización de ECG y SpO₂ puede reducir los componentes desechables, estos beneficios pueden verse contrarrestados por una mayor demanda de recursos a lo largo del ciclo de vida del dispositivo. Una limpieza más frecuente, procedimientos de mantenimiento especializados y un mayor uso de productos de limpieza pueden contribuir a un mayor impacto ambiental. La complejidad del dispositivo también puede requerir mayor asistencia técnica, mayor consumo de energía y la sustitución de componentes con el tiempo. Por lo tanto, evaluar la sostenibilidad requiere considerar el impacto en todo el sistema, en lugar de centrarse únicamente en la reducción de materiales desechables.

Por qué este hábito resulta contraproducente

- La combinación de funciones no siempre reduce el impacto ambiental total cuando se introducen requisitos adicionales de limpieza, mantenimiento y operación.
- Los dispositivos más complejos pueden requerir una manipulación especializada, lo que aumenta el consumo de recursos a lo largo de su ciclo de vida.
- Las decisiones en materia de sostenibilidad deben tener en cuenta el impacto en todo el sistema, incluyendo la limpieza, el consumo de energía y el mantenimiento, y no solo la reducción de residuos desechables.

Conclusión clave

Reducir los productos desechables no siempre reduce el impacto ambiental. El diseño sostenible debe tener en cuenta el ciclo de vida completo del dispositivo y sus procesos de soporte.



Plataformas de ultrasonido estandarizadas

La estandarización de las plataformas de ultrasonido, mediante la separación de las sondas de las pantallas dedicadas, permite utilizar el hardware hospitalario ya existente. Este enfoque puede reducir la duplicación innecesaria de equipos, prolongar la vida útil de los dispositivos y evitar la sustitución de sistemas completos cuando solo es necesario actualizar o reemplazar componentes específicos.

Por qué recomendamos repensar

Los dispositivos médicos suelen desarrollarse como sistemas cerrados con hardware, software e interfaces propietarios. Si bien este enfoque puede simplificar la integración de productos, también puede generar una duplicación innecesaria de componentes en los centros sanitarios. Las pantallas, los procesadores, las baterías y otros componentes electrónicos suelen fabricarse, comprarse y mantenerse por separado, incluso cuando se podrían ofrecer funciones similares mediante una infraestructura compartida o compatible.

Al estandarizar las interfaces y permitir la compatibilidad con las plataformas de hardware existentes, los fabricantes pueden reducir la necesidad de componentes específicos y contribuir a un uso más eficiente de los recursos sanitarios. Los hospitales podrían actualizar o reemplazar componentes individuales en lugar de sistemas completos, lo que prolongaría la vida útil de los equipos existentes y limitaría la generación de residuos electrónicos.

La estandarización entre las distintas generaciones de productos, que garantiza que las versiones antiguas y nuevas sigan siendo compatibles, puede mejorar la flexibilidad de implementación y reducir los ciclos de reemplazo innecesarios. Aunque técnicamente factible, la interoperabilidad a menudo no se prioriza porque los ecosistemas propietarios fomentan la compra continua de equipos específicos del fabricante. Cuando las organizaciones sanitarias requieren interoperabilidad y capacidad de actualización, la estandarización se convierte en un factor clave para un diseño de dispositivos médicos más sostenible, mejorando el valor a largo plazo y fomentando un uso responsable de los recursos.

Beneficios de repensar



Menos residuos electrónicos gracias a las actualizaciones a nivel de componentes



Menor uso de materiales gracias a la infraestructura compartida



Mayor vida útil de los equipos existentes



Mayor interoperabilidad y flexibilidad de actualización

Conclusión clave

Las plataformas estandarizadas de dispositivos médicos permiten compartir infraestructura, reducir el uso de recursos, prolongar la vida útil de los equipos y respaldar una asistencia sanitaria sostenible sin comprometer el rendimiento clínico.



Estandarización de los monitores de pacientes

Los monitores de pacientes facilitan el seguimiento de las constantes vitales y la toma de decisiones clínicas. La estandarización de estos sistemas en todos los centros sanitarios puede mejorar la coherencia, simplificar la formación del personal y agilizar la adquisición, el mantenimiento y la gestión de los dispositivos. Sin embargo, la estandarización debe mantener la flexibilidad y la compatibilidad para evitar la sustitución innecesaria de equipos funcionales a medida que evolucionan las tecnologías.

Buena intención

La estandarización de los monitores de pacientes mejora la interoperabilidad, simplifica los flujos de trabajo y aumenta la eficiencia en todos los departamentos de atención médica. El uso de un sistema de monitorización uniforme permite a los profesionales sanitarios trabajar con equipos conocidos, interfaces estandarizadas y procesos consistentes, lo que reduce la complejidad y las necesidades de formación. También contribuye a una adquisición, mantenimiento y gestión de equipos más eficientes. Al crear una plataforma común, las organizaciones sanitarias pueden mejorar la coordinación entre departamentos, optimizar las operaciones clínicas y brindar una atención al paciente fiable, además de una gestión de recursos más eficaz.

Consecuencia negativa

La estandarización excesiva puede reducir la flexibilidad y generar dependencia de un único fabricante. Las actualizaciones de software, las mejoras de hardware o los requisitos de compatibilidad pueden obligar a sustituir equipos clínicamente funcionales, lo que aumenta los residuos electrónicos y el consumo de recursos. Los sistemas cerrados pueden limitar la interoperabilidad con tecnologías alternativas, lo que conlleva ciclos de reemplazo innecesarios. Sin una interoperabilidad suficiente, la estandarización puede aumentar los costes, acortar la vida útil de los equipos y menoscabar los beneficios medioambientales y operativos previstos.

Por qué este hábito resulta contraproducente

- Los sistemas estandarizados pueden acelerar los ciclos de reemplazo cuando los dispositivos antiguos se vuelven incompatibles con las versiones más recientes.
- Los ecosistemas cerrados pueden limitar la flexibilidad y aumentar la dependencia de un único fabricante.
- Centrarse en la uniformidad puede pasar por alto las oportunidades de prolongar la vida útil de los equipos existentes mediante soluciones adaptables e interoperables.

Conclusión clave

La estandarización debe favorecer la compatibilidad y la durabilidad, no crear ciclos de reemplazo innecesarios. Los sistemas flexibles permiten alcanzar la eficiencia al tiempo que preservan los recursos existentes y reducen los residuos.



Respirador clínico

Los respiradores clínicos proporcionan soporte respiratorio vital a pacientes que no pueden respirar por sí mismos. Tradicionalmente, cada respirador artificial da soporte a un solo paciente a la vez, lo que obliga a los hospitales a mantener grandes flotas de estos aparatos. Muchos dispositivos permanecen sin usar durante los períodos normales, lo que genera costes continuos, necesidades de almacenamiento, requisitos de mantenimiento e impactos ambientales.

Por qué recomendamos repensar

El diseño actual de los respiradores se basa en un modelo de un dispositivo por paciente. Si bien este enfoque simplifica la operación clínica y garantiza un soporte respiratorio especializado, requiere que los sistemas de atención médica mantengan una gran capacidad de equipos para adaptarse a las fluctuaciones en la demanda de pacientes. Durante los períodos de menor demanda, muchos respiradores permanecen sin usar, a la vez que requieren almacenamiento, mantenimiento y eventual reemplazo.

Investigaciones realizadas por el MIT y el Brigham and Women's Hospital han demostrado que los sistemas de división de ventiladores diseñados específicamente, combinados con la compensación individual del flujo, pueden permitir que un solo ventilador dé soporte a más de un paciente manteniendo un control individualizado para cada paciente. Esto cuestiona la suposición de que cada paciente siempre debe requerir un dispositivo específico y pone de relieve las oportunidades para futuros diseños de respiradores basados en una infraestructura compartida.

En lugar de aumentar la capacidad mediante la compra de respiradores independientes adicionales, las plataformas para múltiples pacientes podrían mejorar la utilización de los recursos técnicos existentes. Los componentes principales, incluidos el hardware de procesamiento, las pantallas, las alarmas y los sistemas de alimentación, podrían admitir múltiples canales de tratamiento dentro de un mismo sistema. Este enfoque puede ayudar a optimizar el uso de los equipos, evitar la fabricación innecesaria y extender el valor de la infraestructura existente. Para una implementación exitosa se requerirían mecanismos de seguridad sólidos, validación clínica y protocolos apropiados que garanticen que los sistemas compartidos mantengan el nivel de atención al paciente necesario.

Beneficios de repensar



Mayor utilización de la capacidad de ventilación existente



Menor demanda de materiales y componentes



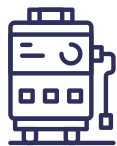
Flotas de equipos más pequeñas



Menos residuos al final de la vida útil

Conclusión clave

Los dispositivos médicos de uso compartido pueden ofrecer funciones clínicas equivalentes con menos plataformas, lo que mejora la eficiencia de los recursos al tiempo que mantiene una atención segura y eficaz.



Compartir bombas de infusión portátiles

Las bombas de infusión portátiles permiten una administración controlada de medicamentos y una atención flexible al paciente en diversos entornos de asistencia sanitaria. Compartir estos dispositivos entre departamentos o pacientes puede mejorar su utilización, maximizar la capacidad de los equipos existentes y reducir la necesidad de compras adicionales, al garantizar que los recursos disponibles se utilicen de manera más eficiente.

Buena intención

Compartir bombas de infusión portátiles permite maximizar la utilización del equipo, evitar compras innecesarias y mejorar la eficiencia de los recursos en los centros de asistencia sanitaria. El objetivo de fomentar el uso compartido de dispositivos es garantizar que los equipos existentes se utilicen de forma más eficaz, reduciendo la necesidad de dispositivos adicionales y favoreciendo una asignación más eficiente de los recursos de asistencia sanitaria. Al permitir que varios departamentos o áreas de atención accedan al mismo equipo, los hospitales pueden reducir potencialmente las necesidades de adquisición, optimizar la gestión del inventario y hacer un mejor uso de la infraestructura existente, al tiempo que mantienen una atención adecuada al paciente.

Consecuencia negativa

El traslado frecuente de bombas de infusión compartidas puede generar exigencias logísticas adicionales, como el transporte, la limpieza, la desinfección, el mantenimiento y la manipulación del equipo. Estos procesos requieren tiempo del personal, energía y materiales consumibles, lo que puede aumentar el impacto ambiental general a pesar de adquirir menos dispositivos. Un mayor manejo también puede contribuir a un desgaste más rápido, reparaciones adicionales y una menor vida útil de los equipos. Si las necesidades de transporte y limpieza se vuelven excesivas, los beneficios medioambientales del uso compartido de dispositivos pueden verse reducidos o eliminados. Por lo tanto, es necesario realizar una evaluación completa del ciclo de vida antes de asumir que el uso compartido de equipos siempre proporciona una solución más sostenible.

Por qué este hábito resulta contraproducente

- El transporte entre departamentos aumenta las necesidades operativas y el uso de recursos asociado.
- Una limpieza y desinfección más frecuentes pueden aumentar el consumo de agua, energía y productos de limpieza.
- Las altas tasas de utilización pueden acelerar el desgaste y las necesidades de mantenimiento, acortando la vida útil del dispositivo.
- Las necesidades de disponibilidad local pueden requerir equipos de almacenamiento adicionales, lo que limitará los ahorros previstos.

Conclusión clave

Compartir dispositivos no siempre es más sostenible. Las estrategias de equipamiento deben tener en cuenta el impacto a lo largo de todo su ciclo de vida, incluidos los requisitos de transporte, limpieza y mantenimiento.



Bomba de insulina

Las bombas de insulina modernas proporcionan un suministro continuo de insulina mediante tasas basales y dosis en bolo. Muchos sistemas ahora incluyen funciones avanzadas como conectividad, integración con el control de la glucosa, dosificación automatizada e interfaces para teléfonos inteligentes. Para los usuarios con necesidades estables de control de la diabetes, los dispositivos más sencillos pueden proporcionar la función clínica requerida con menos recursos.

Por qué recomendamos Reducir

Las funciones adicionales de la bomba de insulina pueden mejorar la comodidad y el acceso a los datos, pero no siempre son necesarias para lograr un control eficaz de la diabetes. Para muchos usuarios con necesidades de tratamiento estables, la administración básica de insulina basal y en bolo puede proporcionar la función clínica necesaria sin la complejidad adicional de las funciones digitales avanzadas.

Cada función adicional aumenta el número de componentes necesarios, incluidos sensores, procesadores, módulos de comunicación, baterías y sistemas de software. Estas incorporaciones contribuyen a un mayor consumo de materiales, a procesos de fabricación que requieren más energía y a mayores impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida del dispositivo. Además, a medida que la tecnología evoluciona, pueden generar requisitos de mantenimiento adicionales, dependencias de software y ciclos de reemplazo más cortos. Reducir la complejidad de los dispositivos no significa reducir su eficacia clínica. Un diseño simplificado de la bomba de insulina, centrado en las funciones terapéuticas esenciales, puede mantener una administración de insulina segura y fiable, al tiempo que reduce el consumo innecesario de recursos.

Al priorizar las funciones esenciales sobre la complejidad innecesaria, los fabricantes pueden crear bombas de insulina que equilibren mejor las necesidades del paciente con la sostenibilidad ambiental. El diseño de dispositivos con la complejidad adecuada, no con la máxima complejidad, contribuye a una prestación de asistencia sanitaria eficiente al tiempo que reduce los impactos evitables en materia de materiales, energía y residuos.

Beneficios de repensar



Menos componentes electrónicos



Menor huella de material



Mayor vida útil del dispositivo



Menor dependencia digital

Conclusión clave

Las bombas de insulina más sencillas pueden mantener una atención eficaz al tiempo que reducen el uso de recursos, la complejidad y los impactos ambientales derivados de características innecesarias.



Punta quirúrgica reutilizable para cataratas

La cirugía de cataratas suele utilizar puntas de facoemulsificación que entran en contacto con el tejido intraocular y requieren una esterilidad estricta. Se exploraron diseños reutilizables para reducir los residuos de un solo uso, pero lograr la esterilización repetida aumentó la complejidad de los materiales, los requisitos de los dispositivos y las exigencias de limpieza, lo que generó consideraciones ambientales adicionales.

Buena intención

La finalidad de una punta de facoemulsificación reutilizable es reducir los residuos de un solo uso generados en las cirugías de cataratas de gran volumen. Al crear un componente que pueda soportar ciclos repetidos de esterilización y reprocesamiento, el objetivo es prolongar la vida útil del dispositivo y reducir la demanda de nuevos instrumentos desechables. Los diseños reutilizables tienen como objetivo reducir el consumo de materiales, disminuir la generación de residuos y mejorar la eficiencia de los recursos al permitir que el mismo dispositivo se utilice para múltiples procedimientos. Este enfoque refleja una estrategia de sostenibilidad más amplia que consiste en sustituir los productos desechables por alternativas duraderas que permitan un uso repetido de forma segura y eficiente.

Consecuencia negativa

La complejidad necesaria para que la punta fuera compatible con la esterilización repetida aumentó su impacto ambiental en el proceso de fabricación. Los requisitos adicionales de materiales, las características de diseño especializadas y los procesos de producción más estrictos pueden contrarrestar los beneficios ambientales de la reutilización. Además, cada ciclo de esterilización requiere energía, agua y recursos químicos, lo que genera repercusiones operativas a lo largo de todo el ciclo de vida del dispositivo. Esto demuestra que sustituir los dispositivos de un solo uso por versiones reutilizables requiere una evaluación cuidadosa del ciclo de vida para garantizar que realmente se logren los beneficios en materia de sostenibilidad.

Por qué la complejidad resultó contraproducente

- **La esterilización repetida requiere materiales más avanzados y una fabricación precisa, lo que aumenta la huella de producción antes de que el dispositivo se utilice por primera vez.**
- **Cada reutilización requiere un ciclo de esterilización completo y, a lo largo de muchos procedimientos, el consumo acumulado de energía, agua y productos químicos puede superar el ahorro de materiales derivado de evitar los productos desechables.**
- **El procesamiento repetido puede acelerar el desgaste del dispositivo, acortando su vida útil y reduciendo los beneficios ambientales esperados de su reutilización.**

Conclusión clave

Lo reutilizable no siempre es más sostenible; los complejos requisitos de esterilización pueden superar los residuos que se evitan al reemplazar los dispositivos desechables.



Pastillero inteligente

Los pastilleros inteligentes facilitan la adherencia al tratamiento farmacológico mediante recordatorios, notificaciones y funciones de dispensación automatizada. Muchos diseños incluyen materiales de protección adicionales, como inserciones de espuma, bandejas de plástico y estructuras reforzadas, para proteger los componentes electrónicos durante el transporte y el almacenamiento. Estos materiales pueden exceder lo necesario para un funcionamiento seguro y eficaz.

Por qué recomendamos Reducir

Los pastilleros inteligentes suelen incluir embalajes protectores y estructuras internas para evitar daños durante el transporte y la manipulación. Si bien cierta protección es necesaria para garantizar la seguridad y la fiabilidad, se pueden añadir materiales en exceso sin que ello contribuya a la función principal del dispositivo, que es almacenar y dispensar medicamentos.

Los insertos de espuma, los soportes de plástico y los embalajes multicapa aumentan el uso de materiales, el impacto en la fabricación y los residuos, al tiempo que dificultan el reciclaje y la gestión al final de la vida útil del producto. Un diseño optimizado que utilice únicamente materiales esenciales para la protección, la funcionalidad y la durabilidad puede mantener el rendimiento a la vez que reduce los impactos ambientales.

La reducción de materiales debe tenerse en cuenta durante la fase de diseño, donde los fabricantes pueden evitar el uso innecesario de recursos. Al priorizar los diseños eficientes sobre la protección innecesaria, los pastilleros inteligentes pueden favorecer la adherencia al tratamiento farmacológico al tiempo que reducen el consumo de plástico, las exigencias de producción y el impacto de su eliminación. A menudo, las mejoras en materia de sostenibilidad pueden lograrse mediante diseños más sencillos y eficientes en el uso de recursos, en lugar de mediante tecnología adicional.

Beneficios de repensar



Menos plástico y material de embalaje



Menor huella de fabricación



Reducción del impacto del transporte



Procesamiento al final de la vida útil más sencillo

Conclusión clave

La reducción de materiales innecesarios permite que los pastilleros inteligentes mantengan su funcionalidad al tiempo que disminuyen el uso de recursos, los residuos y el impacto ambiental.



Uso de guantes de seguridad para tareas de bajo riesgo

Los guantes médicos son esenciales cuando hay contacto con sangre, fluidos corporales, heridas abiertas o entornos estériles. Sin embargo, su uso se ha extendido a las actividades de atención rutinaria, donde las directrices indican que una higiene de manos adecuada puede proporcionar una protección equivalente tanto para los pacientes como para los profesionales sanitarios.

Buena intención

Se utilizan guantes durante todas las interacciones con los pacientes como medida de precaución para proteger tanto a los pacientes como al personal sanitario de una posible transmisión de infecciones. Este enfoque tiene como objetivo prevenir la propagación de microorganismos a través del contacto con pacientes, fluidos corporales, superficies contaminadas o entornos médicos. El uso universal de guantes suele percibirse como una medida de seguridad adicional que reduce los riesgos de exposición y proporciona tranquilidad tanto a los profesionales sanitarios como a los pacientes. Al aplicar la misma medida de protección de forma sistemática en todas las interacciones, las organizaciones pretenden reforzar las prácticas de prevención de infecciones y minimizar la posibilidad de contaminación durante las actividades de atención rutinarias.

Consecuencia negativa

Cuando se utilizan guantes en situaciones en las que la higiene de manos por sí sola es clínicamente suficiente, se generan residuos de un solo uso innecesarios sin mejorar los resultados para el paciente. El elevado consumo de guantes aumenta la demanda de materias primas, procesos de fabricación, embalaje, transporte y eliminación. Además, depender de los guantes para actividades de bajo riesgo puede reducir involuntariamente la atención a las prácticas adecuadas de higiene de manos, que siguen siendo esenciales para la prevención de infecciones. El uso de guantes únicamente cuando esté clínicamente indicado mantiene la seguridad del paciente al tiempo que evita el consumo innecesario de materiales y la generación de residuos en los sistemas de asistencia sanitaria.

Por qué este hábito resulta contraproducente

- Los guantes médicos se encuentran entre los productos desechables más utilizados en la asistencia sanitaria. Por lo tanto, reducir el uso innecesario puede generar ahorros sustanciales de materiales a gran escala.
- Para muchas tareas de bajo riesgo, una higiene de manos adecuada proporciona una protección equivalente sin el consumo adicional de material asociado al uso de guantes.
- El uso excesivo de guantes puede crear una falsa sensación de seguridad y reducir involuntariamente la atención a las prácticas de higiene de manos, aumentando en lugar de reducir los riesgos de contaminación.

Conclusión clave

Más protección no siempre requiere más material. El uso de guantes solo cuando esté clínicamente indicado reduce los residuos al tiempo que mantiene la seguridad en la atención al paciente.



Agua en la limpieza de endoscopios

Los endoscopios utilizados para la visualización interna con fines diagnósticos y quirúrgicos son dispositivos de riesgo medio a medio-alto que requieren una limpieza y desinfección exhaustivas entre usos. Los sistemas de reprocesamiento automatizados consumen cantidades significativas de agua, detergentes y desinfectantes a través de múltiples etapas de limpieza. Los ciclos estandarizados pueden consumir más recursos de los necesarios para los escenarios de reprocesamiento rutinarios.

Por qué recomendamos Reducir

Durante todo el ciclo de reprocesamiento de los endoscopios se consumen recursos hídricos y químicos, especialmente durante los repetidos pasos de enjuague, limpieza y desinfección. Si bien los protocolos conservadores ayudan a garantizar una descontaminación fiable, pueden consumir más agua, detergentes y desinfectantes de los necesarios para las situaciones clínicas rutinarias.

Los umbrales de limpieza basados en la evidencia y las estrategias de dosificación precisas pueden optimizar el reprocesamiento al tiempo que se mantienen los estándares de prevención de infecciones y la seguridad del paciente. Ajustar los volúmenes de enjuague, las concentraciones de detergente y los requisitos de desinfección en función de criterios de rendimiento validados puede reducir el consumo innecesario de recursos sin comprometer la eficacia de la limpieza.

La reducción del consumo de agua y productos químicos también contribuye a la sostenibilidad al disminuir la demanda de energía para el tratamiento, la calefacción y el procesamiento de residuos. Un reprocesamiento más eficiente puede ayudar a preservar la integridad del dispositivo, reducir la degradación del material y prolongar la vida útil del equipo. Al lograr el nivel de seguridad requerido sin un uso excesivo de recursos, los sistemas de asistencia sanitaria pueden mantener altos estándares de control de infecciones al tiempo que mejoran el rendimiento ambiental y reducen las necesidades de reemplazo evitables.

Beneficios de Reducir



Menor consumo de agua por ciclo de limpieza



Menor uso de detergentes y desinfectantes



Menos aguas residuales que requieren tratamiento



Mayor vida útil del producto y de los componentes sensibles

Conclusión clave

La descontaminación eficaz, no el uso máximo de recursos, garantiza la seguridad. El reprocesamiento basado en evidencia reduce el impacto ambiental al tiempo que mantiene los estándares de higiene y prolonga la vida útil del dispositivo.



Juego completo de instrumental abierto por hábito

Los instrumentos quirúrgicos suelen prepararse en bandejas estandarizadas que contienen todos los elementos que puedan ser necesarios durante un procedimiento. Si bien esto favorece la preparación y la eficiencia, muchas operaciones siguen flujos de trabajo predecibles en los que solo se utiliza una parte de los instrumentos, lo que da lugar a esterilizaciones, empaquetados y residuos innecesarios.

Buena intención

Se garantiza la preparación para el procedimiento y se mantiene la eficiencia quirúrgica proporcionando todos los instrumentos potencialmente necesarios al inicio de cada intervención. Abrir una bandeja completa permite a los equipos quirúrgicos responder de inmediato a necesidades imprevistas, reduciendo retrasos y evitando interrupciones. Los conjuntos de instrumentos estandarizados están diseñados para fomentar la fiabilidad, simplificar la preparación y garantizar que las herramientas esenciales estén disponibles siempre que se necesiten. Este enfoque prioriza la seguridad del paciente al reducir el riesgo de que falten instrumentos durante procedimientos complejos y al crear un flujo de trabajo uniforme en todos los quirófanos.

Consecuencia negativa

Abrir las bandejas de instrumental llenas supone un consumo de recursos destinados a elementos que quizás nunca se utilicen. Una vez abiertos, todos los instrumentos requieren esterilización, reempaquetado y manipulación, incluso cuando no entran en contacto con el paciente. Algunos instrumentos no utilizados pueden desecharse debido a protocolos de contaminación, límites de caducidad o prácticas administrativas. Esto genera residuos innecesarios, a la vez que consume agua, energía, materiales de embalaje y recursos de esterilización. Por lo tanto, preparar instrumental más grande de lo necesario puede aumentar la huella ambiental de la cirugía sin aportar valor clínico adicional cuando los procedimientos siguen flujos de trabajo predecibles.

Por qué este hábito resulta contraproducente

- La esterilización requiere agua, energía y productos químicos. El procesamiento de instrumentos no utilizados consume recursos sin mejorar la atención al paciente.
- Numerosos estudios demuestran que una gran proporción de los instrumentos de las bandejas permanecen sin usar durante los procedimientos rutinarios.
- Los ciclos repetidos de esterilización desgastan los instrumentos con el tiempo, acortando su vida útil y aumentando la necesidad de reemplazarlos.

Conclusión clave

La preparación procedimental no requiere abrir todos los paquetes. Adaptar las bandejas a las necesidades clínicas reduce el uso de recursos al tiempo que mantiene la seguridad, la calidad y la eficiencia.

Ejemplo de consumible de baja criticidad y uso basado en sesiones

► Página 26



Electrodos de ECG de papel

Los electrodos de ECG de papel son dispositivos adhesivos de un solo uso que capturan las señales cardíacas durante la monitorización del ECG. Aunque son económicos y se desechan después de una sola sesión, su uso generalizado en la asistencia sanitaria genera importantes impactos ambientales acumulativos a través del consumo de materiales, la fabricación, el transporte y la eliminación.

Oportunidades circulares

Los consumibles de bajo coste y de un solo uso, como los electrodos de ECG de papel, ofrecen oportunidades limitadas para su reparación, reacondicionamiento o remanufactura. Su diseño de un solo uso, su bajo valor y sus requisitos de higiene hacen que la recogida y el reprocesamiento sean poco prácticos desde el punto de vista económico y medioambiental. Por lo tanto, prolongar la vida útil de los electrodos generalmente no es una estrategia circular viable.

En cambio, las oportunidades de economía circular se centran en reducir el uso de materiales y mejorar la eficiencia de los recursos. Los fabricantes pueden optimizar el diseño de los electrodos, reducir el grosor del material cuando sea clínicamente aceptable, incorporar materiales reciclados o de origen biológico en componentes no críticos y minimizar los residuos de producción y el embalaje a lo largo de todo el ciclo de vida.

Se pueden lograr mejoras adicionales considerando el sistema de monitorización de ECG en su conjunto. Prolongar la vida útil de componentes reutilizables, como cables, conectores y monitores, reduce el impacto ambiental por sesión. Una mejor separación de residuos y el reciclaje de materiales no contaminados también pueden mejorar la gestión al final de la vida útil. Si bien los electrodos usados generalmente requieren una eliminación como residuo clínico, estas estrategias previas y a nivel de sistema proporcionan formas prácticas de reducir el impacto ambiental general del uso de electrodos en grandes cantidades.

Las 3 estrategias circulares más recomendadas

6 Reparación

La reparación generalmente no es aplicable al electrodo en sí. Sin embargo, los componentes reutilizables, como los cables conductores y los conectores, deben mantenerse y repararse en lugar de reemplazarse cuando se dañan.

7 Reutilización

Cuando sea clínicamente apropiado, los sistemas de electrodos reutilizables con interfaces de contacto reemplazables pueden reducir la dependencia de parches totalmente desechables, manteniendo al mismo tiempo el rendimiento clínico y los requisitos de prevención de infecciones.

11 Reciclaje

La combinación de adhesivo, gel conductor y materiales mixtos limita las opciones de reciclaje convencionales. Seleccionar electrodos con una compatibilidad de materiales mejorada o implementar planes de devolución puede contribuir a un procesamiento más eficaz al final de la vida útil.

Conclusión clave

Los consumibles de bajo coste pueden generar impactos significativos a gran escala. La optimización de la reutilización, los materiales y los procesos de fin de la vida útil reduce la huella de ciclo de vida de los dispositivos.

Ejemplo de consumible de baja criticidad y uso basado en sesiones

► Página 26



Ecógrafo

Los ecógrafos son dispositivos de diagnóstico de alto coste que se utilizan para realizar exámenes breves a los pacientes en diversos departamentos. A pesar de sus breves periodos de uso, su elevado precio de compra, su construcción duradera y su potencial de reparación los hacen idóneos para estrategias de uso compartido, reacondicionamiento, mantenimiento y extensión de su ciclo de vida.

Oportunidades circulares

Los ecógrafos representan una gran oportunidad para los enfoques de economía circular debido a su alto valor, su larga vida útil técnica y su criticidad relativamente baja durante las sesiones de uso individuales. A diferencia de los dispositivos médicos desechables, estos sistemas están diseñados para funcionar repetidamente durante muchos años, lo que hace que su reparación, reacondicionamiento y reutilización sean beneficiosos tanto desde el punto de vista económico como medioambiental.

Si bien los ecógrafos son equipos costosos, a menudo se reemplazan debido a actualizaciones tecnológicas, limitaciones de software o fallos de componentes individuales, en lugar de por una obsolescencia funcional completa. Muchos problemas, como carcasas dañadas, ruedas desgastadas, degradación de la batería, fallos en la pantalla y fallos en los componentes electrónicos, pueden repararse o sustituirse. Prolongar la vida útil de los equipos reduce la demanda de nueva fabricación y evita impactos ambientales innecesarios asociados con la extracción y producción de materiales.

Dado que las ecografías suelen ser breves y los dispositivos no se utilizan de forma continua, los modelos de propiedad compartida entre departamentos o centros de asistencia sanitaria pueden mejorar los índices de utilización. Los programas de reacondicionamiento y modernización pueden mantener el rendimiento a la vez que prolongan la vida útil. Al final de la vida útil, un reciclaje responsable puede recuperar materiales valiosos como metales, aparatos electrónicos y plásticos.

Las 3 estrategias circulares más recomendadas

6 Reparación

Las fallas de componentes, como pantallas, baterías, ruedas y módulos electrónicos dañados, a menudo se pueden reparar, lo que hace **innecesario** el reemplazo.

7 Reutilización

Los ecógrafos se pueden compartir entre departamentos o centros de asistencia sanitaria, lo que aumenta la utilización de equipos de **alto valor** que solo se necesitan de forma intermitente.

8 Reacondicionar

Las máquinas más antiguas se pueden actualizar, restaurar y mantener para extender su vida útil y evitar el reemplazo prematuro de equipos valiosos.

Conclusión clave

Los ecógrafos de alto valor son ideales para estrategias circulares mediante el uso compartido, el reacondicionamiento y la reparación para extender su vida útil y reducir los impactos.

Ejemplo de consumible de baja criticidad y uso continuo

► Página 26



Parche para medir la temperatura de la piel

Los parches para medir la temperatura de la piel son dispositivos portátiles de bajo coste diseñados para la monitorización fisiológica continua durante varios días. Si bien los dispositivos individuales tienen un valor limitado y a menudo son desechables, su uso a gran escala crea importantes oportunidades para mejorar la eficiencia de los materiales, la reutilización de componentes y la gestión al final de la vida útil.

Oportunidades circulares

Los parches para medir la temperatura de la piel presentan un desafío circular diferente en comparación con los equipos médicos de alto valor. Su bajo coste, el contacto directo con la piel y su diseño desechable dificultan económicamente la reparación y el reacondicionamiento completo del dispositivo. Sin embargo, su perfil de uso continuo implica que se consumen grandes cantidades en hospitales, atención domiciliaria y entornos de monitorización remota, lo que resulta en una huella ambiental acumulativa sustancial.

Las oportunidades más relevantes para la economía circular se centran en mantener la fiabilidad durante el uso, reducir la demanda de materiales y separar los componentes valiosos de los elementos desechables. Mejorar la durabilidad de los sensores, los componentes electrónicos, las baterías y los módulos de comunicación inalámbrica puede reducir las fallas prematuras y los reemplazos innecesarios durante los períodos de monitorización. Los diseños de productos que separan los componentes electrónicos reutilizables de las interfaces adhesivas de un solo uso podrían permitir la reutilización parcial manteniendo los requisitos de higiene.

Los componentes funcionales, como sensores, módulos de comunicación y baterías, podrían redirigirse a aplicaciones de menor riesgo, entornos de capacitación o actividades de investigación después de su uso clínico. Al final de la vida útil, un diseño mejorado para el desmontaje y el reciclaje puede facilitar la recuperación de componentes electrónicos, plásticos y materiales de baterías. Dado el elevado volumen de dispositivos implicados, incluso pequeñas mejoras por dispositivo pueden generar importantes beneficios medioambientales en todos los sistemas de asistencia sanitaria.

Las 3 principales estrategias circulares recomendadas

5 Mantener

Diseñar sensores duraderos, electrónica fiable y conexiones inalámbricas estables ayuda a maximizar el rendimiento del dispositivo y evita el reemplazo prematuro durante los períodos de monitorización.

7 Reutilizar

Cuando los requisitos de higiene lo permiten, los módulos electrónicos reutilizables se pueden separar de las capas adhesivas desechables y utilizarse con nuevas interfaces de contacto con el paciente.

11 Reciclar

Diseñar parches para facilitar la separación de componentes electrónicos, baterías, adhesivos y plásticos mejora la recuperación de materiales y reduce los residuos derivados de un uso intensivo.

Conclusión clave

Los dispositivos de monitorización de bajo coste requieren soluciones circulares escalables, donde la reutilización de componentes, la durabilidad y el reciclaje generan un impacto a través de grandes volúmenes.

Ejemplo de consumible de baja criticidad y uso basado en sesiones

► Página 26



Cama de paciente de hospital

Los electrodos de papel para ECG son consumibles adhesivos de un solo uso que se aplican sobre la piel para capturar las señales eléctricas cardíacas durante la monitorización del ECG. Cada electrodo es de bajo coste, se utiliza para una sola sesión con el paciente que dura de minutos a horas y se desecha después de su uso. Si bien los electrodos individuales tienen un impacto limitado, los grandes volúmenes que se utilizan en la asistencia sanitaria generan importantes impactos acumulativos a lo largo de su ciclo de vida, debido a los materiales, la fabricación y la eliminación.

Oportunidades circulares

Las camas de hospital representan una importante oportunidad para la economía circular debido a su alto valor de adquisición, su larga vida útil y su uso continuo. A diferencia de los productos médicos desechables, las camas están diseñadas como sistemas duraderos que contienen estructuras mecánicas, actuadores eléctricos, electrónica de control, baterías, sensores y características de seguridad que pueden recibir mantenimiento, reparación y actualización con el tiempo.

Su diseño relativamente modular permite a las organizaciones de asistencia sanitaria realizar el mantenimiento programado, sustituir componentes individuales y reacondicionar los equipos sin necesidad de realizar sustituciones innecesarias. Las reparaciones suelen limitarse a piezas específicas, como actuadores, ruedas, frenos, paneles de control, baterías o fuentes de alimentación. Los programas de reacondicionamiento pueden restaurar camas desgastadas y prolongar su vida útil.

Cuando las camas ya no son aptas para la atención de pacientes agudos, pueden reasignarse a centros de rehabilitación, residencias de larga estancia, entornos de formación o servicios de asistencia sanitaria humanitarios. Al final de la vida útil, el diseño para el desmontaje y el reciclaje responsable pueden favorecer la recuperación de materiales valiosos, como acero, aluminio, cobre, plásticos y componentes electrónicos, contribuyendo así a un sistema circular en el sector sanitario.

Las 3 principales estrategias circulares recomendadas

5 Mantenimiento

El mantenimiento preventivo, la limpieza, la inspección y las comprobaciones de las baterías ayudan a maximizar la fiabilidad y a prolongar la vida útil de las camas de hospital.

6 Reparación

Sustituir componentes individuales como actuadores, ruedas, electrónica y sistemas de control es económicamente atractivo debido al alto valor del activo.

8 Reacondicionar

Restaurar y modernizar las camas usadas permite continuar operando de forma segura, al tiempo que retrasa el reemplazo y reduce la demanda de equipos nuevos.

Conclusión clave

Las camas de hospital de alto valor permiten estrategias circulares sólidas a través del mantenimiento, la reparación, el reacondicionamiento y la redistribución en múltiples entornos de asistencia sanitaria.

Ejemplo de equipo de capital de alta criticidad y uso basado en sesiones

► Página 27



Grapadora quirúrgica

Las grapadoras quirúrgicas son dispositivos de alta criticidad que se utilizan durante los procedimientos quirúrgicos para cortar, reconectar y sellar tejidos. Si bien algunos modelos son de un solo uso y otros incluyen componentes reutilizables, su importancia clínica, los riesgos de contaminación y los estrictos requisitos de rendimiento influyen notablemente en las oportunidades de economía circular.

Oportunidades circulares

Las grapadoras quirúrgicas representan una categoría compleja en cuanto a circularidad, ya que se utilizan en procedimientos quirúrgicos críticos donde la fiabilidad, la esterilidad y el rendimiento mecánico son esenciales. El contacto directo con los tejidos y los riesgos de contaminación limitan la reparación, el reacondicionamiento y la reutilización de los componentes expuestos al campo quirúrgico. Como resultado, muchos sistemas de grapado dependen de elementos desechables, lo que genera desperdicio de material a pesar de la presencia de componentes valiosos.

Las mejores oportunidades para la economía circular se centran en separar los componentes reutilizables de alto valor de las piezas estériles de un solo uso. Los sistemas de grapado reutilizables permiten conservar componentes mecánicos o electrónicos duraderos, como las asas, sustituyendo únicamente los componentes que entran en contacto con el paciente. Este enfoque reduce el consumo de material al tiempo que mantiene los requisitos de seguridad asociados a las aplicaciones quirúrgicas. La inspección, el mantenimiento y la sustitución periódicos de las piezas sensibles al desgaste pueden prolongar aún más la vida útil de los componentes reutilizables.

Al final de la vida útil, una mejor recuperación de los materiales puede reducir la pérdida de recursos valiosos. Las grapadoras quirúrgicas suelen contener metales, plásticos y, en ocasiones, componentes electrónicos, pero su construcción con materiales mixtos y la clasificación de los residuos clínicos crean obstáculos para el reciclaje. Diseñar pensando en el desmontaje, mejorar la separación de residuos e introducir materiales reciclables o de base biológica puede contribuir a futuras soluciones circulares, manteniendo al mismo tiempo el rendimiento quirúrgico necesario.

Las 3 principales estrategias circulares recomendadas

5 Mantener

El mantenimiento preventivo, la calibración y el reemplazo de las piezas desgastadas ayudan a preservar la seguridad, la fiabilidad y el rendimiento durante toda la vida útil de los componentes reutilizables de las grapadoras.

7 Reutilizar

Los sistemas de grapado reutilizables permiten esterilizar, inspeccionar y reutilizar componentes de alto valor, como mangos y conjuntos mecánicos, en múltiples procedimientos, reemplazando únicamente los componentes estériles.

11 Reciclar

El diseño de grapadoras para facilitar su desmontaje y la mejora de la separación de residuos pueden permitir la recuperación de metales, plásticos y componentes electrónicos que actualmente se pierden a través de los flujos de residuos clínicos.

Conclusión clave

Las grapadoras quirúrgicas de alta criticidad requieren estrategias circulares centradas en la seguridad, que prioricen los componentes reutilizables, el mantenimiento y la mejora de la recuperación de materiales.

Ejemplo de equipo de capital de alta criticidad y uso basado en sesiones

► Página 27



Máquina de derivación cardiopulmonar (máquina corazón-pulmón)

Las máquinas de circulación extracorpórea son sistemas médicos críticos y de gran valor que se utilizan durante la cirugía a corazón abierto para reemplazar temporalmente la función del corazón y los pulmones. Su elevado coste, su diseño modular y su larga vida útil los convierten en candidatos idóneos para estrategias de mantenimiento, reparación, reacondicionamiento, remanufactura y extensión de su ciclo de vida.

Oportunidades circulares

Las máquinas de circulación extracorpórea representan una de las mayores oportunidades para la circularidad en la asistencia sanitaria debido a su alto valor, durabilidad técnica y construcción modular. Estos sistemas están diseñados para un uso repetido y contienen múltiples componentes reemplazables, incluyendo bombas, intercambiadores de calor, sistemas de control y equipos de monitorización. Su función fundamental exige estrictas normas de fiabilidad y seguridad, pero también respalda un mantenimiento estructurado y una gestión del ciclo de vida.

El mantenimiento preventivo ya es una parte esencial del funcionamiento de las máquinas de circulación extracorpórea, e incluye la inspección, la calibración, la limpieza y la sustitución de los componentes sensibles al desgaste. Existen oportunidades adicionales mediante la monitorización basada en el estado y el mantenimiento predictivo, lo que permite que las intervenciones se realicen en función del rendimiento real de los componentes en lugar de seguir programas fijos. Esto puede prolongar la vida útil de los componentes, reducir los reemplazos innecesarios y mejorar la disponibilidad de los equipos.

Debido a que estos sistemas conservan un valor considerable tras su uso inicial, la reparación, la renovación y la remanufactura son estrategias altamente viables. Es posible sustituir componentes individuales sin desechar la máquina completa, mientras que los programas de reacondicionamiento certificados pueden restaurar los sistemas usados a condiciones de funcionamiento fiables a un coste inferior al de los equipos nuevos. Al final de la vida útil, la recuperación de materiales procedentes de metales, aparatos electrónicos y plásticos puede reducir aún más los residuos. Los componentes que ya no son aptos para uso clínico también pueden reutilizarse para entornos de formación, investigación o simulación.

Las 3 principales estrategias circulares recomendadas

5 Mantener

Los programas de mantenimiento avanzados, que incluyen la monitorización predictiva y el servicio basado en la condición, pueden maximizar la fiabilidad, prevenir la sustitución prematura y prolongar la vida útil.

6 Reparar

Los componentes modulares, como bombas, electrónica, sistemas de tuberías y unidades de control, se pueden reemplazar individualmente, manteniendo la funcionalidad sin necesidad de reemplazar el dispositivo completo.

8 Reacondicionar

Las máquinas de circulación extracorpórea usadas se pueden restaurar mediante limpieza, pruebas, reemplazo de componentes y recertificación, lo que prolonga la vida útil del equipo y proporciona una alternativa de menor coste a los sistemas nuevos.

Conclusión clave

Los dispositivos críticos de alto valor, como las máquinas de circulación extracorpórea, demuestran un gran potencial circular a través del mantenimiento, la reparación, el reacondicionamiento y la remanufactura.

Ejemplo de consumible de alta criticidad y uso continuo

► Página 27



Electrodos de copa de EEG reutilizables

Los electrodos de copa de EEG reutilizables son accesorios clínicos de bajo coste que se utilizan para la monitorización neurológica continua en unidades de cuidados intensivos y en entornos de neurofisiología. Aunque individualmente son económicos, su papel directo en la adquisición de señales hace que la higiene, la fiabilidad y el rendimiento sean fundamentales. Su diseño reutilizable crea oportunidades para el mantenimiento, la reutilización y la extensión de su ciclo de vida.

Oportunidades circulares

Los electrodos de copa para EEG reutilizables demuestran cómo los accesorios médicos de bajo coste pueden respaldar las estrategias circulares cuando se priorizan la durabilidad y el reprocesamiento. Si bien los electrodos individuales tienen un valor limitado, su uso frecuente en la monitorización neurológica puede generar importantes impactos ambientales acumulativos debido al consumo de materiales, la generación de residuos y la adquisición repetida de los mismos.

En comparación con las alternativas desechables, los sistemas reutilizables pueden reducir estos impactos al prolongar la vida útil del producto. Dado que los electrodos de EEG están en contacto directo con los pacientes e influyen en la adquisición de la señal, la higiene, la fiabilidad y el rendimiento siguen siendo esenciales. Por lo tanto, unos procedimientos eficaces de limpieza, desinfección e inspección son fundamentales para mantener la seguridad y evitar la sustitución prematura. Los materiales duraderos, la resistencia a los ciclos de limpieza repetidos, los protocolos de mantenimiento estandarizados y los indicadores de desgaste pueden prolongar aún más la vida útil de los electrodos, al tiempo que se preserva el rendimiento clínico.

Las principales oportunidades de economía circular se centran en la reutilización, el mantenimiento y la sustitución de componentes. Los cables, conectores o soportes de electrodos dañados a menudo se pueden reemplazar individualmente en lugar de desechar juegos completos. Al final de su vida útil, materiales como los contactos de plata/cloruro de plata, el acero inoxidable y el cableado de cobre pueden recuperarse mediante el reciclaje. Los electrodos que ya no son aptos para uso clínico también pueden conservar su utilidad en aplicaciones de formación, simulación o educativas.

Las 3 principales estrategias circulares recomendadas

5 Mantener

Los procedimientos de limpieza estandarizados, los materiales duraderos y los protocolos de inspección ayudan a preservar la calidad de la señal y a prevenir el reemplazo innecesario de electrodos funcionales.

6 Reparar

La sustitución de cables, conectores o componentes de montaje dañados permite que los conjuntos de electrodos sigan funcionando sin necesidad de desechar el sistema completo.

7 Reutilizar

Los electrodos de copa de EEG reutilizables se pueden limpiar, desinfectar y usar en varios pacientes, lo que reduce los residuos en comparación con los sistemas de electrodos de un solo uso, al tiempo que mantiene el rendimiento clínico.

Conclusión clave

Los electrodos de EEG reutilizables demuestran que incluso los accesorios críticos de bajo coste pueden lograr la circularidad a través de la reutilización, el mantenimiento y el reemplazo de componentes.

Ejemplo de equipo de capital de alta criticidad y uso continuo

► Página 27



Ventilador mecánico

Los respiradores mecánicos son dispositivos de alto valor, vitales para la vida, diseñados para funcionar de forma continua a la vez que proporcionan un soporte respiratorio esencial. Su tecnología compleja, su gran potencial de servicio a largo plazo y su elevado coste de adquisición crean importantes oportunidades para el mantenimiento, la reparación, la renovación y la prolongación de su ciclo de vida, al tiempo que deben mantenerse siempre estrictos requisitos de seguridad.

Oportunidades circulares

Los respiradores mecánicos representan una oportunidad valiosa, aunque desafiante, para las estrategias circulares en el sector sanitario. Estos dispositivos de alto valor contienen sensores avanzados, software, componentes electrónicos, sistemas neumáticos y mecanismos de seguridad que requieren un rendimiento fiable durante toda su vida útil. Si bien su valor crea fuertes incentivos para extender su uso, los riesgos clínicos y los requisitos regulatorios influyen en cómo se pueden implementar las estrategias de economía circular.

La sustitución de dispositivos suele deberse a la obsolescencia del software, al soporte limitado del fabricante y a consideraciones de gestión de riesgos, más que a un fallo técnico total. Por lo tanto, prolongar la vida útil de los respiradores mediante un mantenimiento estructurado, actualizaciones de software, reparación a nivel de componentes y reacondicionamiento puede preservar su valor funcional al tiempo que se mantiene la seguridad y el cumplimiento de las normativas.

Las principales oportunidades de economía circular se centran en el mantenimiento preventivo, la reparación, la renovación y la redistribución controlada. Componentes como sensores, pantallas, válvulas y módulos electrónicos a menudo pueden reemplazarse individualmente en lugar de desechar sistemas completos. Los programas de reacondicionamiento pueden restaurar respiradores antiguos mediante la sustitución de componentes, las actualizaciones de software, las pruebas y la certificación. Al final de la vida útil, el diseño para el desmontaje puede mejorar la recuperación de metales, componentes electrónicos y plásticos de ingeniería, mientras que los dispositivos retirados aún pueden servir para actividades de capacitación, simulación o educativas.

Las 3 principales estrategias circulares recomendadas

5 Mantener

El mantenimiento preventivo, la calibración, las actualizaciones de software y las inspecciones del sistema preservan la fiabilidad, reducen el tiempo de inactividad y maximizan la vida útil operativa.

6 Reparar

La reparación a nivel de componentes de sensores, válvulas, pantallas y componentes electrónicos evita la sustitución innecesaria de equipos de alto valor y reduce el desperdicio de material.

8 Reacondicionar

Los respiradores más antiguos se pueden restaurar mediante el reemplazo de componentes, actualizaciones de software, pruebas y recertificación para extender su uso clínico seguro.

Conclusión clave

Los dispositivos de alto valor y de importancia crítica para la vida ofrecen un gran potencial para la economía circular, pero todas las intervenciones deben preservar la seguridad, la fiabilidad y el cumplimiento normativo.

Ejemplo Ideas de diseño del sistema

Consideraciones de diseño del sistema para un pastillero inteligente circular



Para innovar de forma sostenible en un dispositivo, el sistema también debe volverse circular. Las consideraciones del sistema circular se utilizan para explorar cómo interactúan los productos, los procesos y las partes interesadas a lo largo de las etapas del ciclo de vida del producto. En este ejemplo, utilizamos el pastillero inteligente para explicar las estrategias circulares y las consideraciones del sistema que rodean al dispositivo en un sistema circular.

Uso

En casa se utiliza un pastillero inteligente para facilitar la adherencia al tratamiento farmacológico. El pastillero lo compra el propio usuario o se lo proporciona su proveedor de asistencia sanitaria. El horario de medicación lo configuran los profesionales sanitarios y lo sincronizan a través de la farmacia. Mediante funciones electrónicas como recordatorios, notificaciones y mecanismos de dispensación, el pastillero ofrece al usuario la administración automatizada de su medicación. Esto ayuda al usuario a tomar la medicación correcta en el momento adecuado.

5 Mantener

Para que el pastillero siga funcionando correctamente y conserve su calidad, el usuario debe mantenerlo adecuadamente. Para que el usuario pueda realizar tareas de mantenimiento, como la limpieza y el cambio de baterías, una aplicación complementaria le ofrece instrucciones. La aplicación también registra el estado del dispositivo en un pasaporte digital, un registro estandarizado que hace un seguimiento del ciclo de vida de un producto individual. Esto permite a los proveedores de servicios controlar el estado de un pastillero, de modo que sepan si el producto recibe un buen mantenimiento, si su rendimiento cumple con las normas reglamentarias o si necesita reparación.

6 Reparar

Cuando el pastillero deja de funcionar correctamente y no se puede reparar, o cuando ya no se puede usar, el usuario lo devuelve a un punto de recogida dentro de su sistema local de asistencia sanitaria: en este caso, la farmacia. Se necesitan vías de devolución claras, como una red accesible y bien comunicada de puntos de devolución designados, para garantizar que los dispositivos se devuelvan de forma eficiente en lugar de desecharse con la basura doméstica. Los incentivos por devolución animan a los usuarios a devolver sus dispositivos. Podría tratarse de un depósito financiero, un código escaneable o una indicación visual en el pastillero.

En la farmacia, se evalúa el estado del pastillero y se comunica al usuario. Se les ofrece asesoramiento sobre el mantenimiento, un producto de reemplazo si el actual está demasiado defectuoso o, si es posible la reparación in situ, una hora para recoger su pastillero. Durante la reparación, se corrigen los defectos menores, se sustituyen las piezas defectuosas y se limpia el producto. Las actividades de reparación requieren espacios de trabajo específicos, personal capacitado, procedimientos de reparación estandarizados y acceso a piezas de repuesto suministradas por el fabricante. Los controles de calidad están estandarizados, los resultados se registran en pasaportes digitales, se comparan con la normativa y se decide si el dispositivo continúa en el sistema. El objetivo de la reparación por parte de la farmacia es que los pastilleros puedan reutilizarse.

7 Reutilizar

Cuando un pastillero recupera su plena funcionalidad y cumple con los requisitos reglamentarios, puede volver a utilizarse. Antes de su redistribución, se elimina la información específica del paciente y el dispositivo se reconfigura para el siguiente usuario. Si el dispositivo vuelve a manos del mismo usuario, se comprueba la configuración de su horario de medicación. Es necesaria la coordinación entre farmacias, proveedores de asistencia sanitaria y socios logísticos para que los dispositivos disponibles lleguen a los nuevos pacientes. El historial de servicio y reparación queda registrado en el pasaporte digital, y el pastillero continúa su uso previsto en (un nuevo) hogar. La restauración, redistribución y recolección requieren consideraciones financieras para ser económicamente viables. Algunos ejemplos son el precio del producto, el diseño para facilitar el desmontaje y la reparación, la disponibilidad de piezas individuales para su compra y la compensación económica por devoluciones.

Si los dispositivos están demasiado defectuosos para ser reparados, la farmacia los recoge para su posterior procesamiento en una planta de clasificación local. Los procedimientos de inspección estandarizados y la información digital del producto facilitan la toma de decisiones eficientes sobre el enrutamiento, determinando si un dispositivo pasa a reacondicionamiento, remanufactura, reciclaje o renovación.

8 Reacondicionar

En la fábrica, los pastilleros desechados que tienen valor como producto completo se reacondicionan. Se restauran a un buen estado de funcionamiento mediante la descontaminación, mejoras, cambios estéticos y la sustitución de piezas. Las actividades de reacondicionamiento requieren instalaciones certificadas, protocolos de limpieza y procedimientos de garantía de calidad para cumplir con las regulaciones de dispositivos médicos antes de su redistribución. Los resultados de los procedimientos se registran para la trazabilidad del producto, y los productos reacondicionados pueden marcarse con un signo identificativo, lo que facilita su identificación y diferenciación.

9 Remanufacturar

Los pastilleros desechados con componentes (parcialmente) funcionales se utilizan para su remanufactura. Los componentes de varios pastilleros devueltos se vuelven a ensamblar para fabricar productos como nuevos que pueden seguir utilizándose para su uso previsto. El sistema requiere tener en cuenta la disponibilidad de componentes, la gestión de inventario y la planificación de la producción. Antes de volver a ponerse a disposición de los usuarios, tanto los pastilleros reacondicionados como los remanufacturados necesitan un control de calidad y una certificación para garantizar el cumplimiento de la normativa antes de ser reempaquetados y redistribuidos. La viabilidad económica se puede lograr produciendo volúmenes de producto suficientes y conservando su valor a través de la restauración y las mejoras. Una ventaja adicional del reacondicionamiento y la remanufactura es una mejor comprensión de qué partes del producto son más vulnerables a fallar, lo que permite actualizar de manera eficiente el diseño del pastillero con el tiempo, lo que posiblemente proporcione una ventaja en el mercado.

10 Cambiar de uso

Cuando el pastillero deja de ser apto para uso médico, se le puede dar un nuevo propósito mediante la adaptación de su función. Esto puede hacerlo el usuario en su domicilio, mediante la redistribución por parte de la farmacia o después de la recogida y el análisis para su uso en aplicaciones alternativas por parte del centro de clasificación. Un ejemplo de reutilización es usar un pastillero inteligente como organizador doméstico o como temporizador. Diseñar el sistema circundante para inspirar al usuario, por ejemplo a través de una plataforma en la que se compartan nuevos usos, puede conectar el dispositivo con nuevas oportunidades de uso que aumenten el valor que conserva después de su uso médico.

11 Reciclar

Un reciclaje eficiente depende de la colaboración entre los centros de recogida, las empresas de reciclaje y los fabricantes, así como de la infraestructura de transporte que los conecte. Los productos desechados que no pueden recuperarse para el uso previsto son distribuidos por la planta de clasificación a socios locales de reciclaje. Aquí, los residuos se transforman en nuevas materias primas mediante la descontaminación, la trituración y el moldeo. La información sobre los materiales almacenada en el pasaporte del producto facilita una clasificación eficiente, mientras que los componentes monomateriales y el desmontaje mejoran las tasas de reciclaje de plásticos, componentes electrónicos y baterías.

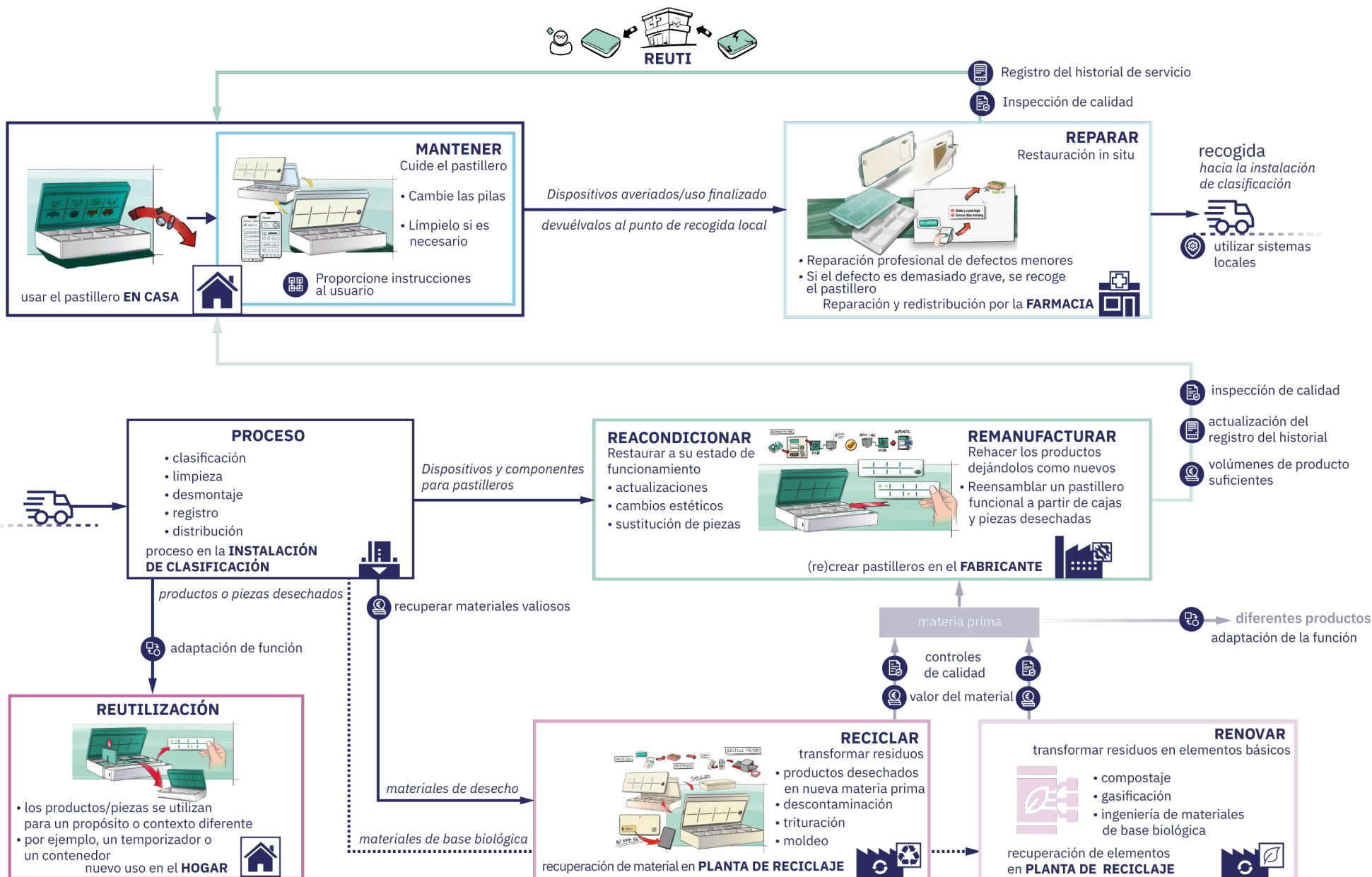
12 Renovar

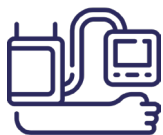
Si el pastillero contiene componentes fabricados con materiales de base biológica, estos pueden renovarse. Los residuos del producto se transforman en elementos básicos, como carbono o biomasa. El sistema asociado a la renovación requiere puntos de desmontaje y un flujo de trabajo de reprocesamiento. En el caso de un pastillero inteligente con uso médico, existen preocupaciones respecto al ciclo de vida cuando se utilizan materiales de base biológica. Las normativas sobre seguridad, contaminación química y durabilidad pueden limitar la aplicación de la renovación. Los materiales que se compostan o se tratan químicamente deben transportarse a lugares especializados, como plantas de compostaje. Las materias primas recuperadas mediante el reciclaje y la renovación se someten a controles de calidad para evaluar sus posibles aplicaciones. Las normas reglamentarias sobre la calidad y la certificación de los materiales determinan si el material recuperado puede volver a utilizarse en productos médicos o en diferentes productos con la debida adaptación funcional. Un rendimiento insuficiente de los materiales podría reducir la vida útil del producto, su viabilidad económica y las futuras oportunidades de circularidad. Un rendimiento adecuado del material permitirá cerrar el ciclo circular.

► Vuelva a la página 29 Consideraciones sobre el diseño del sistema.

Ejemplo Ideas de diseño del sistema

► Página 29





Tensiómetro para uso doméstico devuelto por el paciente

Los tensiómetros para uso doméstico son utilizados por los pacientes durante períodos prolongados y, a menudo, se guardan o se desechan después de su uso. Sin mecanismos de devolución, los dispositivos no pueden ser recuperados para su reacondicionamiento, remanufactura o reciclaje. El diseño de sistemas de devolución prácticos puede reducir las barreras relacionadas con la accesibilidad, la seguridad y la privacidad de los datos.

Cómo debe ser un buen sistema de devolución

Las estrategias eficaces de devolución abordan las barreras conductuales, prácticas y organizativas que impiden que los pacientes devuelvan los dispositivos médicos después de su uso. Muchos dispositivos de uso doméstico permanecen en los hogares porque los pacientes no saben dónde devolverlos, si sus datos están protegidos o si es necesario devolver el dispositivo. Por lo tanto, un sistema de devoluciones eficaz debe ser sencillo, práctico y estar claramente integrado en el funcionamiento normal del dispositivo.

Integrar medidas de protección de la privacidad es fundamental, especialmente para los dispositivos conectados que almacenan o transmiten información sanitaria. Unos procedimientos claros para la eliminación de datos, un manejo seguro y una comunicación transparente pueden aumentar la confianza del paciente y fomentar su participación. La logística debe favorecer la comodidad del paciente mediante puntos de devolución accesibles, opciones de envío prepagado, servicios de recogida o la integración con las vías de asistencia sanitaria existentes, como farmacias y proveedores de asistencia sanitaria.

Al combinar el diseño del producto, el embalaje y los sistemas de servicio, los fabricantes y las organizaciones de asistencia sanitaria pueden crear vías de circuito cerrado eficaces para el reacondicionamiento, la remanufactura, la recuperación de componentes y el reciclaje. Un sistema de devolución bien diseñado transforma el comportamiento de fin de uso, pasando de ser una acción opcional a una parte esperada y sencilla del ciclo de vida del producto.

Algunos ejemplos de ideas incluyen:

- **En el producto**

Una función de reinicio de datos claramente marcada permite a los pacientes eliminar de forma segura los datos de salud almacenados antes de la devolución, lo que aborda las preocupaciones de privacidad y aumenta la confianza en la participación en programas de recuperación de dispositivos.

- **En el embalaje**

El embalaje original funciona como una solución de devolución, incorporando una etiqueta de envío prepagada e instrucciones claras para minimizar el esfuerzo del paciente, las barreras logísticas y los requisitos de material adicional.

- **En el sistema**

Los recordatorios automatizados alineados con el punto de fin de uso previsto del dispositivo impulsan la devolución oportuna, reduciendo la dependencia del recuerdo del paciente y mejorando la probabilidad de una recolección exitosa del dispositivo.

Conclusión clave

La devolución exitosa requiere estrategias motivacionales que hagan que la devolución sea conveniente, segura y valiosa, abordando las barreras que afrontan los pacientes mediante el diseño del producto, del embalaje y del sistema.

Diseño para el desmontaje

El diseño para el desmontaje es un enfoque de desarrollo de productos que permite la separación eficiente de componentes y materiales al final de la fase de uso de un producto. Apoya estrategias circulares como la reparación, el reacondicionamiento, la reutilización y el reciclaje, al tiempo que mantiene la seguridad, el rendimiento y los requisitos normativos que se esperan en la tecnología médica.

Las consideraciones clave de diseño

Minimizar la complejidad de los materiales	Utilizar conexiones reversibles	Permitir secuencias de desmontaje estructuradas	Abordar los requisitos médicos
Reducir el número de materiales y evitar combinaciones innecesarias para simplificar la separación, mejorar la compatibilidad con el reciclaje y aumentar el valor de los materiales recuperados.	Seleccionar métodos de conexión que permitan una separación no destructiva, como tornillos, encajes a presión e interfaces modulares. Minimizar las conexiones permanentes, como adhesivos o soldaduras, cuando limiten la reparación, reutilización o recuperación de materiales.	Diseñar los componentes para que sean accesibles y extraíbles en un orden lógico. Considerar los pasos de desmontaje, las herramientas necesarias, los requisitos de manipulación y la separación de componentes con diferentes vías de gestión al final de su vida útil.	Integrar el control de la contaminación, los requisitos de esterilización y las consideraciones de seguridad en la estrategia de desmontaje. Garantizar que los componentes en contacto con el paciente, los componentes electrónicos y otras piezas sensibles puedan manipularse de forma segura después de su uso.

Consejo: haga un mapa de desmontaje

Un mapa de desmontaje es una representación visual de cómo se puede separar un producto en sus componentes y materiales. Muestra la secuencia de desmontaje, los métodos de conexión, los flujos de materiales y las posibles vías de fin de vida útil.

Los mapas de desmontaje se utilizan para:

- Identificar las barreras de diseño para la reparación, la reutilización y el reciclaje.
- Evaluar la accesibilidad y la reversibilidad de las conexiones.
- Apoyar las decisiones sobre la selección de materiales y la arquitectura del producto.
- Mejorar la comunicación entre diseñadores, fabricantes, proveedores de servicios y socios de reciclaje.

Al integrar los mapas de desmontaje en las primeras etapas del proceso de diseño, las empresas de tecnología médica pueden mejorar la circularidad de sus productos, manteniendo al mismo tiempo la seguridad, el rendimiento y el cumplimiento de las normativas.

Guía para la elección de materiales

► Página 35

La selección de materiales en el sector sanitario requiere equilibrar el rendimiento clínico, la seguridad del paciente, los requisitos normativos y las oportunidades de reutilización o reciclaje al final de su vida útil.

Ejemplos de biomateriales aprobados para uso médico

Los materiales de base biológica pueden reducir la dependencia de los recursos fósiles al tiempo que proporcionan un rendimiento adecuado para determinadas aplicaciones sanitarias.

- Poliamida de base biológica (PA): se utiliza en componentes de dispositivos médicos que requieren alta resistencia, durabilidad y resistencia química, como instrumentos quirúrgicos y carcasas de dispositivos.
- Polietileno de base biológica (PE): se utiliza para productos sanitarios como envases, embalajes y componentes que requieren materiales ligeros y resistentes a los productos químicos.
- Polipropileno de base biológica (PP): se utiliza en productos médicos desechables, productos de laboratorio y componentes de dispositivos debido a su baja absorción de humedad y su compatibilidad con la esterilización.
- Ácido poliláctico (PLA): se utiliza en aplicaciones de investigación médica, implantes biodegradables y dispositivos temporales donde se requiere una degradación controlada.
- Polihidroxialcanoatos (PHA): polímeros biodegradables que se investigan para aplicaciones como la ingeniería de tejidos, los sistemas de administración de fármacos y los dispositivos médicos temporales.

Ejemplos de materiales reciclables aprobados para uso médico

Los materiales médicos reciclables contribuyen a la recuperación de recursos cuando los productos están diseñados para su separación, manipulación segura y procesos de reciclaje adecuados.

- Polipropileno (PP): ampliamente utilizado en jeringas, envases médicos, equipos de laboratorio y componentes de dispositivos desechables; reciclable cuando se separa adecuadamente.
- Polietileno (PE): se utiliza en envases médicos, tubos, botellas y recipientes debido a su flexibilidad y resistencia química.
- Policarbonato (PC): se utiliza en equipos médicos reutilizables, carcasas transparentes, conectores y componentes de protección que requieren resistencia a los impactos.
- Polietere tercetona (PEEK): se utiliza en implantes, instrumentos quirúrgicos y componentes médicos que requieren un alto rendimiento mecánico y químico.
- Acero inoxidable: se utiliza ampliamente en instrumental quirúrgico, implantes y dispositivos médicos reutilizables; es altamente reciclable a través de los sistemas de reciclaje de metales.
- Titanio: se utiliza para implantes, dispositivos ortopédicos e instrumental quirúrgico debido a su resistencia, biocompatibilidad y resistencia a la corrosión.

Ejemplos de materiales compatibles con el reciclaje

Si bien la separación de materiales sigue siendo la estrategia preferida, la selección de materiales compatibles puede simplificar el reciclaje y mejorar las tasas de recuperación.

- Polipropileno (PP) + Polietileno (PE): materiales de poliolefina similares que a veces pueden procesarse juntos en flujos de reciclaje.
- PET con grados de PET compatibles: se utiliza en envases y recipientes médicos; el reciclaje mejora cuando la composición del material es uniforme.
- Aleaciones de acero inoxidable: se reciclan habitualmente juntas en los procesos de reciclaje de metales ya establecidos.
- Aleaciones de aluminio: se utilizan en equipos y componentes médicos; se recuperan eficazmente mediante el reciclaje de aluminio.
- Diseños poliméricos monomaterial: el uso de un solo tipo de polímero simplifica la clasificación, mejora la calidad del reciclaje y reduce la contaminación del material.

El diseño orientado a la identificación de materiales y a su fácil separación sigue siendo el enfoque preferido para lograr un reciclaje de alta calidad en los productos sanitarios.

Ejemplo de ruta de recogida para reprocesamiento intrahospitalario

► Página 30



Instrumentos quirúrgicos

Los tensiómetros para uso doméstico son utilizados por los pacientes durante períodos prolongados y, a menudo, se guardan o se desechan después de su uso. Sin mecanismos de devolución, los dispositivos no pueden ser recuperados para su reacondicionamiento, remanufactura o reciclaje. El diseño de sistemas de devolución prácticos puede reducir las barreras relacionadas con la accesibilidad, la seguridad y la privacidad de los datos.

Cómo es un buen reprocesamiento intrahospitalario

El reprocesamiento eficaz en el hospital depende de un sistema interno bien organizado que permita una recogida rápida, una limpieza fiable y una devolución segura para su uso clínico. Dado que los instrumentos permanecen dentro del centro sanitario, los hospitales mantienen un control directo sobre su manipulación, el control de calidad y los plazos de entrega. Esto reduce la complejidad logística al tiempo que permite el uso repetido de equipos médicos duraderos.

La recogida debe realizarse inmediatamente después de los procedimientos, separando claramente los instrumentos reutilizables de los residuos de un solo uso. Los flujos de trabajo estandarizados, la capacitación del personal y los sistemas de seguimiento adecuados garantizan que los instrumentos se identifiquen, transporten y preparen correctamente para su reprocesamiento. Mantener la visibilidad de la ubicación y el estado de los instrumentos puede mejorar aún más la eficiencia y reducir las pérdidas.

En los departamentos de esterilización central, los instrumentos se someten a procesos validados de limpieza, desinfección, inspección y esterilización antes de volver a ponerse en circulación. Las revisiones periódicas de calidad, el mantenimiento y la sustitución de los componentes desgastados ayudan a preservar la funcionalidad y a prolongar la vida útil. Al mantener todo el ciclo dentro del centro sanitario, el reprocesamiento intrahospitalario crea un circuito circular fiable que reduce el consumo de materiales, evita la sustitución innecesaria y mantiene la seguridad clínica.

Algunos ejemplos de ideas incluyen:

En el proceso de recogida

- Los sistemas de clasificación en el punto de uso garantizan que los instrumentos reutilizables se separen inmediatamente después de los procedimientos, lo que reduce los riesgos de contaminación y evita que los dispositivos valiosos entren en los flujos de desechos.

En el flujo de trabajo de reprocesamiento

- Los servicios centrales de esterilización pueden utilizar protocolos estandarizados de limpieza, inspección, esterilización y seguimiento para mantener la seguridad y maximizar el número de ciclos de reutilización.

En el sistema

- Los sistemas de seguimiento digital proporcionan visibilidad de la ubicación del instrumento, el historial de uso y las necesidades de mantenimiento, lo que mejora la gestión de activos y reduce las pérdidas innecesarias.

Conclusión clave

El reprocesamiento en el hospital permite una reutilización segura al mantener los dispositivos dentro de un ciclo de asistencia sanitaria controlado, eficiente y trazable.

Ejemplo de ruta de recogida de devoluciones (de terceros)

► Página 30



Taladro quirúrgico

Los taladros quirúrgicos son instrumentos de alta precisión y gran valor que se utilizan en procedimientos ortopédicos y neuroquirúrgicos. Su compleja construcción, que incluye motores, engranajes, componentes electrónicos y piezas especializadas, requiere conocimientos especializados que van más allá de las capacidades típicas de mantenimiento hospitalario. Los programas de devolución del fabricante o de terceros permiten una renovación segura y una prolongación de la vida útil del producto.

Cómo debe ser un buen programa de devolución

Los sistemas eficaces de devolución eliminan la responsabilidad y la complejidad de la renovación para los centros sanitarios, al crear un proceso estructurado entre hospitales, fabricantes y proveedores de servicios certificados. Dado que los taladros quirúrgicos requieren conocimientos especializados, herramientas específicas y supervisión regulatoria, el reacondicionamiento centralizado garantiza que los dispositivos puedan restaurarse de forma segura sin comprometer su rendimiento clínico.

La recogida debe ser sencilla, predecible y estar integrada en los procesos hospitalarios existentes. Los programas de devolución programada vinculados a intervalos de mantenimiento, ciclos de reemplazo o actualizaciones de equipos reducen la probabilidad de que los dispositivos se almacenen, se abandonen o se desechen prematuramente. Una logística, documentación y comunicación claras ayudan a los hospitales a comprender cuándo y cómo se debe devolver el equipo.

Durante el reacondicionamiento, los fabricantes o terceros certificados pueden desmontar, limpiar, inspeccionar, reparar, reemplazar componentes desgastados y probar los taladros quirúrgicos para comprobar que cumplen con los requisitos de rendimiento originales. Este proceso controlado permite que dispositivos valiosos vuelvan a utilizarse en la práctica clínica, manteniendo al mismo tiempo los estándares de calidad y el cumplimiento de la normativa. Los equipos reacondicionados pueden devolverse al centro sanitario original o redistribuirse, lo que reduce la demanda de nueva fabricación y preserva el valor intrínseco del dispositivo.

Algunos ejemplos de ideas incluyen:

En el proceso de recogida

- Los programas de devolución programados brindan a los hospitales vías de devolución predefinidas, lo que reduce el esfuerzo administrativo y evita que equipos valiosos se almacenen o desechen.

En el proceso de recuperación

- Los centros certificados de reprocesamiento, reacondicionamiento y remanufactura restauran los dispositivos a través de una limpieza especializada, reemplazo de componentes, pruebas y validación para garantizar un rendimiento seguro comparable al de los equipos nuevos.

En el sistema

- Los sistemas de seguimiento respaldados por el fabricante monitorean la propiedad del dispositivo, el historial de mantenimiento y el tiempo de devolución, lo que mejora la visibilidad y permite flujos circulares eficientes.

Conclusión clave

El programa de devolución del fabricante permite la circularidad de los dispositivos complejos al centralizar, por ejemplo, el reacondicionamiento, garantizando la seguridad, el cumplimiento y la extensión del ciclo de vida.



Equipos de diagnóstico por imagen médica

La barrera

Las organizaciones de asistencia sanitaria pueden mostrarse reticentes a adoptar equipos médicos reacondicionados o de mayor duración debido a la preocupación por la inversión inicial, la responsabilidad del mantenimiento, la fiabilidad y la obsolescencia tecnológica. Estas preocupaciones pueden favorecer la sustitución del dispositivo en lugar de prolongar su vida útil.

La adaptación

Los modelos de servicio circulares cambian el enfoque, pasando de la venta de equipos a la gestión del rendimiento de los dispositivos a lo largo de su ciclo de vida. Los fabricantes pueden proporcionar servicios de mantenimiento, actualizaciones, reacondicionamiento y recogida para que los equipos sigan funcionando durante más tiempo. Para los fabricantes de equipos originales (OEM), esto puede generar fuentes de ingresos adicionales a través de los servicios del ciclo de vida, al tiempo que fortalece las relaciones a largo plazo con los clientes.

Conclusión clave

La circularidad puede crear valor empresarial cuando los fabricantes pasan de vender productos de reemplazo a ofrecer un rendimiento de los dispositivos a largo plazo.

Ejemplos de diseño híbrido, de recarga y de funda

► Página 38

Diseño híbrido



Instrumento laparoscópico híbrido

La barrera

La cirugía laparoscópica requiere una esterilidad estricta y un desempeño fiable. Esto suele generar una disyuntiva entre instrumentos totalmente desechables, que generan una cantidad considerable de residuos, e instrumentos totalmente reutilizables, que requieren procesos complejos de limpieza, esterilización y mantenimiento.

La adaptación

Los instrumentos híbridos («responsables») separan el dispositivo en componentes reutilizables y de un solo uso. Los elementos de alto valor, como mangos, ejes o componentes electrónicos, se siguen utilizando en múltiples procedimientos, mientras que solo se reemplaza el componente que está en contacto con el paciente. Esto combina las ventajas de seguridad de los componentes de un solo uso con los beneficios en materia de recursos que ofrece la reutilización.

Conclusión clave

Cuando la esterilización limita la reutilización completa, los diseños híbridos conservan el valor de reutilización al reemplazar solo los componentes necesarios.

Diseño de recarga



Autoinyectores recargables

La barrera

Muchos autoinyectores están diseñados como dispositivos de un solo uso, lo que significa que el sistema mecánico o electrónico completo se desecha después de una breve inyección. Esto conlleva la eliminación innecesaria de componentes duraderos que podrían seguir funcionando durante múltiples tratamientos.

La adaptación

Los diseños recargables separan el mecanismo de accionamiento reutilizable y la carcasa del cartucho de medicamento reemplazable. Tras la administración, solo se reemplaza el cartucho, mientras que el dispositivo principal permanece en servicio para múltiples dosis. Esto reduce el uso de materiales al limitar los desechos al componente mínimo necesario.

Conclusión clave

Cuando un dispositivo se usa brevemente pero contiene componentes duraderos, separar el mecanismo reutilizable del consumible puede reducir significativamente los residuos.

Diseño de funda



Sondas de ultrasonido con funda

La barrera

Las sondas de ultrasonido contienen componentes electrónicos sensibles que pueden dañarse con los repetidos procesos de esterilización. Sin embargo, requieren protección contra la contaminación cruzada entre pacientes, lo que genera presión hacia alternativas desechables.

La adaptación

Una funda estéril desechable crea una barrera protectora entre la sonda y el paciente, al tiempo que permite que los componentes electrónicos de alto valor sigan siendo reutilizables. Esto evita desechar el dispositivo completo al tiempo que se mantienen los requisitos de prevención de infecciones.

Conclusión clave

Cuando la esterilización directa es técnicamente difícil, las barreras protectoras pueden permitir el uso continuado de componentes valiosos del dispositivo.

Descontaminación

► Página 35

► Página 37

Recopilar y clasificar los dispositivos por tipo, estado, clasificación (no crítico, semicrítico, crítico) y siguiente CHF.

Los dispositivos sanitarios se descontaminan después de su uso en hasta cuatro pasos, dependiendo del tipo de dispositivo y del nivel de descontaminación requerido. Algunos necesitan ser desmontados antes de limpiarlos.



1 Limpieza previa

Los dispositivos contaminados pueden someterse a una limpieza previa manual y/o mecánica (por ejemplo, enjuague, limpieza ultrasónica) para eliminar los residuos visibles.



2 Limpieza

Todos los dispositivos se someten a limpieza manual o mecánica. Esto elimina los contaminantes (in) visibles.



3 Desinfección

Los dispositivos que entran en contacto con la piel o las membranas mucosas (por ejemplo, termómetros, endoscopios) se desinfectan manual o mecánicamente utilizando productos químicos y/o calor. La desinfección de bajo nivel elimina la mayoría de las bacterias, algunos virus y hongos, mientras que la desinfección de alto nivel elimina casi todos los microorganismos, excepto algunas esporas.



4 Esterilización

Los dispositivos que penetran tejidos estériles o el torrente sanguíneo (por ejemplo, instrumentos quirúrgicos) deben esterilizarse.

Un dispositivo es estéril cuando la probabilidad de que existan microorganismos viables es inferior a 1 entre un millón (SAL).

Existen diversos métodos para esterilizar un dispositivo médico (vapor, óxido de etileno, radiación, peróxido de hidrógeno).

El método preferido depende de las propiedades del material, el número de dispositivos, los costes, el impacto ambiental y la disponibilidad.

Glosario

Para facilitar la comprensión compartida y el uso coherente de la terminología a lo largo de esta guía, a continuación se definen los términos clave. Las definiciones se basan principalmente en fuentes autorizadas, incluidas las Directivas de la UE, el reglamento de productos sanitarios, el PNUMA, el OIEA y la ISO, y se añaden definiciones específicas del proyecto cuando es necesario. Este glosario presenta una selección de términos del glosario DiCE más amplio, disponible en: <https://circulardigitalhealth.eu/terms-and-definitions/>, complementado con definiciones adicionales desarrolladas específicamente para esta guía de diseño.

Dispositivo (médico) activo

Cualquier dispositivo cuyo funcionamiento dependa de una fuente de energía distinta a la generada por el cuerpo humano para tal fin, o por la gravedad, y que actúe cambiando la densidad de esa energía o convirtiéndola. Los dispositivos destinados a transmitir energía, sustancias u otros elementos entre un dispositivo activo y el paciente, sin que se produzca ningún cambio significativo, no se considerarán dispositivos activos. El software también se considerará un dispositivo activo.

Benchmarking

Práctica de medir productos, servicios, procesos o rendimiento en comparación con los estándares o las mejores prácticas de la industria para identificar oportunidades de mejora.

Lista de materiales (BOM)

Lista completa de las materias primas, componentes, ensamblajes y cantidades necesarias para fabricar un producto.

Flujo circular de recursos

Ciclo sistemático de provisión y uso de recursos dentro de múltiples ciclos técnicos o biológicos.

Estrategias de flujos circulares en el sector sanitario (CHF)

Estrategias que describen pasos específicos para la recogida, el procesamiento y la reintegración segura y eficiente de materiales y productos médicos dentro del sistema de asistencia sanitaria, con el objetivo de minimizar los residuos y maximizar el valor de los recursos. Algunos ejemplos son: rechazar, reemplazar, repensar, reducir, mantener, reparar, reutilizar, reacondicionar, remanufacturar, dar un nuevo propósito, reciclar, renovar y recuperar energía, adaptados a los requisitos específicos y las normas de seguridad del sector sanitario.

Jerarquía de recuperación circular

Secuencia estructurada de estrategias priorizadas de flujos circulares en el sector sanitario (CHF) para guiar la toma de decisiones y minimizar los impactos ambientales.

Limpieza

Eliminación de contaminantes en la medida necesaria para su posterior procesamiento o para el uso previsto.

Beneficio clínico

El impacto positivo de un dispositivo en la salud de un individuo, expresado en términos de un resultado clínico significativo, medible y relevante para el paciente, incluidos los resultados relacionados con el diagnóstico, o un impacto positivo en el manejo del paciente o la salud pública.

Recogida

La recogida de residuos, incluida la clasificación preliminar y el almacenamiento preliminar de residuos con el fin de transportarlos a una planta de tratamiento de residuos.

Descontaminación

Proceso de eliminación o neutralización de contaminantes como microorganismos de superficies o dispositivos para prevenir la propagación de infecciones. Algunos ejemplos incluyen la limpieza (previa), la desinfección y la esterilización, según la aplicación médica prevista del dispositivo.

Descontaminación

Tratamiento selectivo durante el cual se eliminan de forma segura ciertas sustancias, mezclas o componentes que son potencialmente dañinos.

Pasaporte digital del producto (DPP) / pasaporte digital del dispositivo

Registro digital que consolida información esencial sobre la identidad, composición, cumplimiento, seguridad, sostenibilidad y ciclo de vida de un producto.

Desmontaje

Proceso mediante el cual un producto se desmonta de tal manera que posteriormente pueda volver a ensamblarse y ponerse en funcionamiento.

Desinfección

Proceso para inactivar microorganismos viables a un nivel previamente especificado como apropiado para un propósito definido.

Eliminación

Cualquier operación que no sea recuperación, incluso cuando la operación tenga como consecuencia secundaria la recuperación de sustancias o energía.

Ecodiseño

La integración de aspectos ambientales en el diseño de productos con el objetivo de mejorar el desempeño ambiental del producto a lo largo de todo su ciclo de vida.

Fin de vida útil (EoL)

La etapa del ciclo de vida que comienza cuando un producto se desecha y termina cuando el material de desecho del producto se devuelve a la naturaleza o entra en el ciclo de vida de otro producto.

Recuperación de energía

Utilización de residuos combustibles como medio para generar energía mediante incineración directa con o sin otros residuos, pero con recuperación del calor.

Puntos críticos ambientales

Etapas, procesos, materiales o componentes dentro del ciclo de vida de un producto que contribuyen de manera desproporcionada a impactos ambientales como emisiones de gases de efecto invernadero, uso de recursos, consumo de agua o generación de residuos.

Plásticos especiales

Materiales plásticos que pueden ser difíciles de separar y reciclar debido a su composición única o a la combinación de diferentes tipos de plástico, aditivos o recubrimientos.

Residuos peligrosos

Residuos que presentan una o más de las propiedades peligrosas enumeradas en el Anexo III, incluido el término «infeccioso», que se refiere a sustancias y preparaciones que contienen microorganismos viables o sus toxinas que se sabe o se cree de manera fiable que causan enfermedades en el hombre u otros organismos vivos.

Residuos infecciosos

Residuos que son capaces de causar o propagar enfermedades en el hombre u otros organismos vivos, ya que contienen o se sospecha que contienen microorganismos viables o sus toxinas, o agentes microbiológicos patógenos para el ser humano.

Dispositivo invasivo

Cualquier dispositivo que, en su totalidad o en parte, penetre dentro del cuerpo, ya sea a través de un orificio corporal o a través de la superficie del cuerpo.

Evaluación del ciclo de vida (LCA)

Metodología utilizada para evaluar los impactos ambientales asociados con todas las etapas del Fabricante

Una persona física o jurídica que fabrica o reacondiciona completamente un dispositivo o que encarga el diseño, la fabricación o el reacondicionamiento completo de un dispositivo, y comercializa dicho dispositivo bajo su nombre o marca comercial.

MDR (reglamento de productos sanitarios)

Marco regulatorio de la Unión Europea que rige la seguridad, el rendimiento, la fabricación y la comercialización de dispositivos médicos dentro del Espacio Económico Europeo.

Clasificación de criticidad MDR

Un sistema basado en el riesgo que utiliza un conjunto de criterios para determinar la clasificación de los dispositivos médicos. Esto implica considerar factores como el uso previsto del dispositivo, sus características físicas, la parte del cuerpo afectada por su uso, la duración del contacto con el cuerpo humano, el grado de invasividad, la posible toxicidad y si el dispositivo depende de una fuente de energía. Los dispositivos se dividen en las siguientes cuatro clases: I, IIa, IIb y III, siendo los dispositivos de Clase III los que presentan el mayor nivel de riesgo y requisitos reglamentarios.

Dispositivo médico

Cualquier instrumento, aparato, dispositivo, software, implante, reactivo, material u otro artículo destinado por el fabricante a ser utilizado, solo o en combinación, en seres humanos para uno o más de los siguientes fines médicos específicos:

- diagnóstico, prevención, monitorización, predicción, pronóstico, tratamiento o alivio de enfermedades,
- diagnóstico, monitorización, tratamiento, alivio o compensación de una lesión o discapacidad,
- investigación, reemplazo o modificación de la anatomía o de un proceso o estado fisiológico o patológico,
- proporcionar información mediante el examen in vitro de muestras derivadas del cuerpo humano, incluidas las donaciones de órganos, sangre y tejidos,

y que no logra su acción principal prevista por medios farmacológicos, inmunológicos o metabólicos, en o sobre el cuerpo humano, pero que puede ser asistido en su función por tales medios.

También se considerarán dispositivos médicos los siguientes productos:

- dispositivos para el control o el apoyo de la concepción;
- productos específicamente destinados a la limpieza, desinfección o esterilización de los dispositivos a que se refiere el artículo 1(4) y de aquellos a los que se refiere el primer párrafo de este punto.

Incineración médica

Quema de desechos generados por instalaciones sanitarias, incluidos hospitales, clínicas veterinarias e instalaciones de investigación, con el fin de eliminarlos.

Residuos médicos

Residuos generados por actividades de asistencia sanitaria, que van desde agujas y jeringas usadas hasta apósitos sucios, partes del cuerpo, muestras de diagnóstico, sangre, productos químicos, productos farmacéuticos, dispositivos médicos y materiales radiactivos.

Nudge

Cualquier aspecto de la arquitectura de elección que altere el comportamiento de las personas de manera predecible sin prohibir ninguna opción ni cambiar significativamente sus incentivos económicos.

Preparación para la reutilización

Operaciones de recuperación de verificación, limpieza o reparación, mediante las cuales se preparan productos o componentes de productos que se han convertido en residuos para que puedan reutilizarse sin ningún otro procesamiento previo.

Recuperación

Cualquier operación cuyo resultado principal sea que los residuos cumplan un propósito útil al reemplazar otros materiales que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que los residuos se preparen para cumplir esa función.

Reprocesamiento

Proceso llevado a cabo en un dispositivo usado para permitir su reutilización segura, que incluye limpieza, desinfección, esterilización y procedimientos relacionados, así como pruebas y restauración de la seguridad técnica y funcional del dispositivo usado.

Reprocesador

(1) «reprocesador» significa la institución de salud y el reprocesador externo que reprocesan dispositivos de un solo uso; (2) «reprocesador externo» significa la entidad que reprocesa dispositivos de un solo uso a solicitud de una institución de salud; «ciclo de reprocesamiento» significa un ciclo que incluye todos los pasos de reprocesamiento aplicados a un dispositivo de un solo uso para garantizar que la seguridad y el rendimiento del dispositivo reprocesado sean equivalentes a los del dispositivo original.

Dispositivo médico reutilizable

Dispositivo médico designado o previsto por el fabricante del dispositivo médico como apto para su procesamiento y reutilización.

Logística inversa

Actividades realizadas para recuperar el valor de productos, piezas y materiales una vez que han llegado al final de su uso o al final de su vida útil.

Recogida separada

Recogida en la que un flujo de residuos se mantiene separado por tipo y naturaleza para facilitar un tratamiento específico.

Objetos punzantes

Objetos o instrumentos necesarios para el ejercicio de actividades sanitarias específicas, que pueden cortar, pinchar, causar lesiones y/o infecciones.

Dispositivo médico de un solo uso

Dispositivo médico etiquetado o destinado a ser utilizado en un solo individuo durante un solo procedimiento.

Esterilización

Proceso validado utilizado para eliminar los microorganismos viables del producto.

Sistema

Conjunto de elementos, actores, procesos e infraestructuras interconectados que interactúan dentro de un contexto más amplio para lograr una función o propósito específico.

El Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG)

Marco reconocido internacionalmente para la medición, gestión y notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Retención de valor

Estrategias destinadas a mantener el valor funcional, económico y material de los productos, componentes y recursos durante el mayor tiempo posible a través de enfoques como la reutilización, la reparación, el reacondicionamiento y la remanufactura.

Taxonomía visual de los flujos circulares en el sector sanitario

Sistema de clasificación visual estructurado utilizado para representar y comunicar flujos de recursos circulares, procesos y estrategias dentro de los sistemas de asistencia sanitaria.

Residuos

Recurso que ya no se considera un activo porque, en ese momento, no proporciona un valor suficiente para el poseedor.

¿Busca las definiciones de las estrategias circulares?

➤ Encuéntrelas en la página 51.

Deje que
fluya

Contenido

Curar sin dañar: Diseñar dispositivos médicos circulares **Una guía práctica de cinco fases para el diseño circular de dispositivos médicos**

La asistencia sanitaria está destinada a curar, pero también deja una huella ambiental significativa. El diseño de dispositivos médicos para una economía circular ofrece oportunidades para reducir los residuos, conservar los recursos y disminuir las emisiones sin comprometer la atención al paciente.

Esta guía de «Heal Without Harm» presenta un enfoque práctico de cinco fases que ayuda a los equipos multidisciplinarios a aplicar los principios de la economía circular a lo largo de todo el proceso de desarrollo de dispositivos médicos. Este libro, que combina investigación, herramientas prácticas y métodos aplicables, respalda el diseño de dispositivos médicos —y sistemas de asistencia sanitaria— que realmente curen sin causar daño.

Autores/colaboradores:

Tamara Hoveling, Cecile Cuijpers, Magdalena Mairhofer, Han Buck, Nouk van Dingstee, Charlotte van Kats, Jeremy Faludi, Jan-Carel Diehl, Conny Bakker

Curar sin dañar: Diseñar dispositivos médicos circulares

Una guía práctica de cinco fases para el diseño circular de dispositivos médicos

La asistencia sanitaria está destinada a curar, pero también deja una huella ambiental significativa. El diseño de dispositivos médicos para una economía circular ofrece oportunidades para reducir los residuos, conservar los recursos y disminuir las emisiones sin comprometer la atención al paciente.

Esta guía de «Curar sin dañar» presenta un enfoque práctico de cinco fases que ayuda a los equipos multidisciplinares a aplicar los principios de la economía circular a lo largo de todo el proceso de desarrollo de dispositivos médicos. Este libro, que combina investigación, herramientas prácticas y métodos aplicables, respalda el diseño de dispositivos médicos —y sistemas de asistencia sanitaria— que realmente curen sin causar daño.

Autores/colaboradores:

Tamara Hoveling, Cecile Cuijpers, Magdalena Mairhofer, Han Buck, Nouk van Dingstee, Charlotte van Kats, Jeremy Faludi, Jan-Carel Diehl, Conny Bakker

Facultad de Ingeniería de Diseño Industrial,
Universidad Tecnológica de Delft, Países Bajos.