

Recomendaciones de la Asociación Mexicana de Cirugía General para implementar la sustentabilidad en los quirófanos mexicanos

Sustainability in mexican operating rooms: recommendations from the Mexican Association of General Surgery

María Fernanda Torres-Ruiz,* Itzé Aguirre-Olmedo,* Abilene Cirenia Escamilla-Ortiz,* Gerardo Lamothe-Ale,* Manuel Tadeo Méndez-Villanueva,* Jimena Ayala-Rabadán,* María Norma Gómez-Herrera,* María Azucena Reyes-García,* Diana Xóchitl Sánchez-Cano,* Enriqueta Baridó-Munguía*

Palabras clave:
desarrollo sostenible,
quirófanos, residuos
hospitalarios,
conservación de
energía, salud
ambiental, práctica
basada en la
evidencia.

Keywords:
sustainable
development,
operating rooms,
hospital waste,
energy conservation,
environmental health,
evidence-based
practice.

* Comité Eco-Cirugía
de la Asociación
Mexicana de Cirugía
General 2024-2025.

Recibido: 15/06/2025
Aceptado: 15/07/2025

RESUMEN

Introducción: el impacto ambiental de los quirófanos proviene de múltiples fuentes: la utilización de gases anestésicos, la administración excesiva de oxígeno suplementario, el consumo ineficiente de energía y agua, el elevado uso de materiales desechables, la prescripción inadecuada, el desperdicio de medicamentos y la generación de desechos. Adoptar prácticas sostenibles en los quirófanos es una prioridad para reducir la huella ambiental sin comprometer los resultados de la atención médica y quirúrgica ni la seguridad del paciente. Este artículo presenta las recomendaciones desarrolladas por el comité de ecocirugía de la Asociación Mexicana de Cirugía General para implementar sostenibilidad en los quirófanos mexicanos. **Material y métodos:** cada miembro del comité revisó la literatura científica internacional y seleccionó aquellas estrategias con mayor respaldo metodológico y factibilidad de implementación en el contexto nacional. **Resultados:** se establecieron 21 recomendaciones agrupadas en cinco categorías: anestésicas, prequirúrgicas, transoperatorias, postoperatorias, y para su implementación y transición. Abarcan desde la elección de técnicas anestésicas hasta la optimización de insumos y recursos quirúrgicos. **Conclusión:** estas medidas, además de beneficiar al medio ambiente, contribuyen a optimizar costos y mejorar la eficiencia operativa. En la Asociación Mexicana de Cirugía General creemos que, con un compromiso sostenido y una visión compartida, los quirófanos pueden transformarse en espacios que, además de salvar vidas, protejan nuestro planeta.

ABSTRACT

Introduction: the environmental impact of operating rooms arises from multiple sources: the use of anesthetic gases, excessive oxygen supplementation, inefficient energy and water consumption, high use of disposable materials, medication waste, and significant waste generation. Adopting sustainable practices in operating rooms is a priority to reduce the environmental footprint without compromising clinical outcomes or patient safety. This article presents the recommendations developed by the Eco-Surgery Committee of the Mexican Association of General Surgery to implement sustainability in Mexican operating rooms. **Material and methods:** each committee member reviewed international scientific literature and selected strategies with strong methodological support and feasibility for implementation in the national context. **Results:** a total of 21 recommendations were established and grouped into five categories: anesthesia, preoperative, intraoperative, postoperative, and implementation and transition. These include the selection of anesthetic techniques with lower environmental impact and the optimization of surgical supplies, energy, and resources. **Conclusion:** these measures not only benefit the environment but also help to reduce costs and improve operational efficiency. At the Mexican Association of General Surgery, we believe that with sustained commitment and a shared vision, operating rooms can be transformed into spaces that, in addition to saving lives, also protect our planet.



Citar como: Torres-Ruiz MF, Aguirre-Olmedo I, Escamilla-Ortiz AC, Lamothe-Ale G, Méndez-Villanueva MT, Ayala-Rabadán J et al. Recomendaciones de la Asociación Mexicana de Cirugía General para implementar la sustentabilidad en los quirófanos mexicanos. Cir Gen. 2025; 47 (3): 145-165. <https://dx.doi.org/10.35366/121423>

Abreviaturas:

DEHP = di2-etilhexilftalato
 eCO₂ = equivalentes de CO₂
 ERAS = Enhanced Recovery After Surgery
 GWP = potencial de calentamiento global
 HDPE = polietileno de alta densidad
 IAAS = infecciones asociadas a la atención a la salud
 PCR = proteína C reactiva
 PP = polipropileno
 PVC = policloruro de vinilo
 TIVA = anestesia intravenosa total

INTRODUCCIÓN

El impacto ambiental de los quirófanos proviene de múltiples fuentes: utilización de gases anestésicos, como el desflurano y el óxido nitroso, con alto potencial de calentamiento global (GWP por sus siglas en inglés); administración indiscriminada de oxígeno suplementario; uso ineficiente de energía y agua; elevado consumo de materiales desecharables; prescripción inadecuada y desperdicio de medicamentos y la importante generación de desechos. Ante este panorama, adoptar prácticas sostenibles es una prioridad para reducir la huella ambiental sin comprometer los resultados de la atención médica-quirúrgica y la seguridad del paciente.

Esta guía tiene como objetivo proporcionar recomendaciones prácticas, basadas en evidencia para implementar la sostenibilidad en el uso de quirófanos. Estas estrategias están diseñadas para minimizar el impacto ambiental, optimizar recursos y promover una cultura de sostenibilidad en los equipos quirúrgicos. Al seguir estas recomendaciones, las instituciones

pueden avanzar hacia un modelo de atención más responsable y respetuoso con el medio ambiente.

ANESTESIA**Gases anestésicos**

Recomendación: en anestesia inhalada administrar sevoflurano y eliminar el uso de óxido nitroso y desflurano.

Noventa y cinco por ciento de los anestésicos volátiles son eliminados por el cuerpo a través de la exhalación y esparcidos a la atmósfera. Todos los gases anestésicos son gases con efecto invernadero que contribuyen con el calentamiento global, pero que no cuentan con regulación ambiental dado su uso médico.

El uso de gases anestésicos como óxido nitroso y desflurano en las técnicas anestésicas inhalatorias tienen un alto potencial de contaminación ambiental. Como se observa en la *Tabla 1*, el tiempo de eliminación y el GWP de estos dos gases son los más altos de las opciones disponibles en la actualidad.

Bambaren y Chu, en un hospital de 300 camas en Perú, analizaron la cantidad de toneladas de equivalentes de CO₂ (eCO₂) que se generaron en un año en sus quirófanos con el uso de sevoflurano, y estimaron una comparación de lo que hubieran generado las mismas cantidades de desflurano e isoflurano. Los resultados fueron 550 ton eCO₂, 80 ton eCO₂ y 5 ton eCO₂ respectivamente.²

No hay evidencia actual que justifique el uso de óxido nitroso y del desflurano de manera prioritaria sobre las otras opciones de gases anestésicos en ningún contexto clínico,^{3,4} por lo que se debe incentivar el uso de sevoflurano, al ser una opción segura y la menos contaminante sobre todo en conjunto con anestesia de bajos flujos.⁵

Además, contar con estaciones de anestesia que reduzcan los residuos de gases anestésicos a través de equipos de absorción eficientes, sistemas circulares de bajo flujo y sistemas de recolección y reprocessamiento de gases residuales para disminuir los gases liberados al ambiente, contribuye positivamente a disminuir la huella de carbono.⁶

Tabla 1: Vida en la atmósfera y potencial de calentamiento global a 20 años de los agentes anestésicos.

Compuesto	Vida atmosférica (años)	GWP 20
Sevoflurano	1.2	349
Isoflurano	3.6	1401
Desflurano	10	3714
Óxido nitroso	114	289

GWP = potencial de calentamiento global.

Basada en: Ryan SM, et al.¹

Anestesia de bajos flujos

Recomendación: priorizar el uso de anestesias con flujos de gas fresco mínimo (< 1 l/min), utilizar flujos de gas fresco (1-3 l/min) sólo durante la inducción anestésica cuando las condiciones clínicas lo requieran, así como una FiO₂ mínima para mantener SpO₂ > de 90%.

Administrar anestesia con flujos de gas fresco mínimo (< 1 l/min), disminuye el consumo de gases anestésicos y, por ende, el GWP que generan. Además, evita el desperdicio de oxígeno, aire medicinal y gases anestésicos, amiormando los costos para los servicios de salud.

Como beneficio para los pacientes, la anestesia de bajo flujo reduce la pérdida de calor y humedad a través de la respiración como medida positiva en seguridad.⁷

Las estaciones de anestesia que manejan circuitos circulares de bajo flujo, sistemas de medición de concentración de inspirado y espirado de gases anestésicos y oxígeno, en conjunto con sistemas de medición de profundidad anestésica permiten disminuir el consumo de gases anestésicos y la contaminación del medio ambiente.⁸⁻¹⁰

Una estrategia útil para incentivar el uso de anestesia de flujos bajos es establecer alarmas en las estaciones de anestesia que identifiquen consumos mayores a 1 l/min en un periodo mayor a 10 minutos. Su aplicación en un hospital de trauma en California, Estados Unidos, disminuyó el consumo de sevoflurano en 37%, con la consecuente disminución de la huella de carbono.¹⁰

Tecnologías nuevas, aún no disponibles en nuestro país, han generado sistemas de recaptura de gases a base de carbón activado, los cuales capturan el gas anestésico exhalado por el paciente durante el tiempo que está en el quirófano y lo concentran para que sea recuperado en instalaciones específicas para este fin.^{8,11}

Anestesia intravenosa total (TIVA por sus siglas en inglés)

Recomendación: priorizar el uso de anestesia intravenosa total (TIVA) cuando sea clínicamente viable.

TIVA elimina el uso de gases anestésicos halogenados, por lo que reduce de manera significativa las emisiones de gases de efecto invernadero. El programa nacional para disminuir la huella de carbono en las anestesias en Países Bajos, empezó en 2017, con el lema: "TIVA cuando sea posible, anestesia inhalada sólo cuando sea necesario". El análisis de resultados a siete años mostró 20% de incremento en el uso de propofol, se eliminó la utilización de desflurano y la huella de carbono por sevoflurano se redujo en 45%. El total de eCO₂ asociados a la huella de carbono de los medicamentos anestésicos pasó de 4,694 kilotonnes a 1,077 kilotonnes.¹²

Uso sostenible de equipos y materiales

Recomendación: priorizar el uso de equipos reutilizables, con los procesos adecuados de esterilización indicados.

Los equipos desechables generan una gran cantidad de residuos, mientras que los reutilizables, aunque requieren procesos de desinfección, son más sostenibles a largo plazo.^{9,13}

Se sugiere sustituir equipos desechables por versiones reutilizables, como laringoscopios, calentadores corporales y charolas quirúrgicas; implementar protocolos de limpieza y de esterilización eficientes;⁹ y establecer un inventario centralizado para monitorizar el uso correcto de los equipos reutilizables.^{8,10}

Gestión de medicamentos y recursos

Recomendación: preparar jeringas y medicamentos sólo cuando se necesiten, crear un sistema de inventario para minimizar vencimientos, capacitación y concientización al personal en prácticas sostenibles y cultura de ahorro de recursos.^{5,8,10,13}

Hacen falta estudios del laboratorio de análisis clínicos de los medicamentos, con la finalidad de conocer el impacto ambiental que generan los medicamentos.

Los sistemas de salud deben trabajar en conjunto con la industria farmacéutica para tener claro el impacto ambiental de la producción, transporte, almacenamiento, disposición,

ministración, desperdicio y eliminación de residuos.¹⁴ Un ejemplo de ello es la falta de información en cuanto a los procesos de producción y eliminación de diferentes marcas de propofol.¹⁵

Planificar la compra de presentaciones de medicamentos específicas para cada unidad disminuye el desperdicio de medicamentos. En un hospital con ocho salas de quirófano, se retiraron las presentaciones de 50 y 100 ml de propofol, utilizando sólo las de 20 ml durante un año. Esta intervención redujo el desperdicio de 29.2 ml/día/quirófano a 2.8 ml/día/quirófano. Esta disminución es relevante porque el propofol debiera ser incinerado para su correcta eliminación.¹⁶

La supervisión adecuada de los procesos de eliminación de los residuos de medicamentos, productos biológicos y/o infecciosos por parte de las unidades de atención a la salud es fundamental para disminuir los riesgos de contaminación del agua y del drenaje. Es importante desarrollar procesos de separación de materiales de desecho y su posible ciclo de recuperación y reciclaje, implementando políticas con los distribuidores e industrias en la reutilización de materiales.¹⁰

Implementación y monitoreo

Recomendación: una vez implementadas las acciones sugeridas, monitorear algunas métricas clave como la reducción del uso de anestésicos inhalados y el aumento de equipos reutilizables; así como realizar auditorías periódicas en sistemas de gas y equipos.^{8,10,17,18}

PREOPERATORIO

Elegir textiles reutilizables

Recomendación: el uso de textiles reusables como gorros, cubrezapatos, campos quirúrgicos, sábanas y batas han demostrado disminuir la huella de carbono sin comprometer la seguridad del paciente.

El uso de sábanas quirúrgicas surge como un requisito de asepsia transoperatoria y se considera un factor protector de infecciones. Hasta la

pandemia del síndrome de inmunodeficiencia adquirida, ligada al virus de inmunodeficiencia humana, las batas y ropa quirúrgicas habían sido siempre de tela. En un afán de protección, no sólo hacia el paciente, sino hacia el personal de salud, empezaron a fabricarse batas impermeables de un solo uso; sin embargo, en la actualidad existe una gran controversia para su utilización por su impacto en el aumento de la huella de carbono y por la ausencia de datos que confirmen el factor protector. De hecho, Overcash y Sehulster refieren que en Estados Unidos y en el Reino Unido, en un periodo de 50 años (1970-2020), ocurrieron aproximadamente 100 millones de infecciones asociadas a la atención a la salud (IAAS), y de ellas, 69 relacionadas con la utilización de batas y ropa quirúrgica. Asumiendo un infrarreporte de 100 veces, y que éstas fueran 6,900 en 50 años, esto equivaldría a menos de una infección al día (0.37 casos/día). En estos dos países la tasa actual de infecciones intrahospitalarias es de 5,500 casos/día, por lo que la probabilidad de que suceda una IAAS por el uso de textiles es de 1 en 14,900,¹⁹ por lo que se infiere que no se incrementa el riesgo de IAAS por usar textiles en comparación con los desechables. Esto se confirma en otro estudio que no encontró diferencia significativa en cuanto a la tasa de infección de heridas asociadas entre batas médicas desechables y reutilizables, por lo tanto, es deseable preferir ropa quirúrgica (incluidos campos quirúrgicos, batas quirúrgicas) en vez de ropa desechable (un solo uso).²⁰

Uso de batas reutilizables

Considerando el ciclo de vida completo (manufactura, empaque, lavandería, esterilización, transporte, y disposición final) de una bata desechable contra una reusable que se utiliza 1,000 veces, las reusables reducen el consumo de fuentes de energía natural 64%, la emisión de gases con efecto invernadero 66%, el consumo de agua potable 83% y la generación de basura 84% en comparación con las batas desechables.²¹

El Royal Australasian College of Surgeons, en su declaración de postura, menciona que cambiar a batas reutilizables es una medida para hacer los quirófanos más sustentables, y

que éstas son equivalentes a las desechables en términos de esterilidad y prevención de infecciones, resistencia al agua, comodidad, y son costoefectivas.²²

El cambio a batas reutilizables, además de disminuir el impacto ambiental, también ha demostrado un ahorro económico que va de 30 a 67% dependiendo del tipo de bata.²³ En un estudio de caso realizado por la *University of Maryland Medical Center* se demostró satisfacción, disminución de residuos y ahorro en costos por utilizar batas reutilizables, así como otros textiles reutilizables, y diferentes tipos de contenedores como los riñones.²⁴

Uso de uniformes quirúrgicos reutilizables

Burguburu y col. en Francia compararon el ciclo de vida de un uniforme quirúrgico reusable (35% algodón, 65% poliéster) contra un uniforme quirúrgico desechable (polipropileno 100%). El uniforme quirúrgico reusable era recolectado por un servicio externo al hospital, que después de lavarlo lo devolvía.²⁵

Los uniformes reusables, en comparación con los desechables, mostraron un menor impacto ambiental en la mayoría de los indicadores analizados. El impacto en el cambio climático fue 31% menor con los uniformes reusables. Esta reducción se debe principalmente a la cantidad de uniformes reusables que se necesitan para cumplir la función, en comparación con los desechables (14.8 reusables vs 940 desechables para un periodo de cuatro años de servicio por trabajador). El reusable requiere menos materia prima, menos transporte y produce menos basura. El consumo de agua y energía se señalaron como cuestiones a valorar a largo plazo.²⁵

Uso de sábanas o campos quirúrgicos reutilizables

Al evaluar el ciclo de vida completo: extracción de recursos naturales, fabricación, transporte internacional y local, lavado y disposición final de una sábana reusable quirúrgica, que se desecha, después de haberse utilizado 50 veces, en la basura municipal; comparada con 50 sábanas desechables de un solo uso, también desechadas a la basura municipal, contra otras

50 desechables que se tiran en bolsa roja para incinerarlas por considerarse potencialmente peligrosas, el GWP de cada una en kg de eCO₂ es de 20, 63 y 110 respectivamente,²⁶ por lo que claramente las sábanas quirúrgicas reutilizables son la opción ecológica a seguir.

Desde el punto de vista de factor de riesgo para infección de herida, Bellchambers demostró, en cirugía cardiaca (al evaluar las incisiones mediastinales y de la pierna) que el uso de campos y batas de tela (reusables) comparadas con el uso de campos y batas desechables no modifica la cicatrización ni la severidad de las infecciones de sitio quirúrgico en más de 500 pacientes aleatorizados ($p = 0.87$).²⁷

Alternativas al uso de cubrezapatos, gorros desechables y cubrebocas

Hospitales en los que los insumos desechables fueron limitados durante la pandemia de COVID-19 en 2020, y que permitieron el uso de gorros y cubrebocas reusables, y redujeron el uso de cubrezapatos, mostraron que su tasa de infección de sitio quirúrgico disminuyó de 5.1 a 2.6%, aun cuando las cirugías de urgencias y de cirugías contaminadas y sucias aumentaron 14 y 5.2% respectivamente.²⁸

En un análisis sistemático y metaanálisis de nueve estudios que incluyeron 45,708 casos quirúrgicos no se encontraron diferencias significativas en las tasas de infecciones del sitio quirúrgico entre gorros reutilizables y desechables (OR: 0.79; IC95%: 0.59-1.07; $p = 0.13$). Los gorros reutilizables demostraron una huella de carbono menor ($p < 0.001$), menor daño a la capa de ozono ($p < 0.005$), menor uso de combustibles fósiles ($p < 0.005$) y formación de material particulado ($p < 0.005$) que las alternativas desechables. Esto indica que ambos tipos de gorros son igualmente efectivos en la prevención de infecciones, pero los reutilizables demuestran ventajas ecológicas importantes.²⁹

En el *Amsterdam University Medical Center* (AUMC) se realizó un estudio para comparar gorros desechables y reutilizables. Se evaluaron tres tipos de gorros, encontrando que los reutilizables de poliéster tienen una menor huella de carbono, 0.7 kg eCO₂; los desechables de viscosa de 1.9 kg eCO₂ y los de polipropileno

de 1.7 kg eCO₂. Los gorros reutilizables superaron a los desechables en 16 de 17 categorías de impacto ambiental, incluyendo la formación de partículas finas, agotamiento de recursos fósiles y acidificación terrestre.³⁰

Un estudio en el que se examinaron 1,387 cubrezapatos de una sola capa después de un día de uso, al llenarlos con agua para examinar si tenían fugas, sólo 29% no las tenían.³¹ En otro trabajo se evaluaron 102 pares, de los cuales 32 tenían evidencia clara de sangre pasando a la parte interna del cubrezapato.³² Ambos estudios^{31,32} ponen en duda la impermeabilidad de estos aditamentos durante su uso.³³

En Inglaterra, en el Hospital de Southmead, se realizó un estudio en el que se tomaron cultivos del piso cuatro veces al día, en cinco sitios distintos del quirófano durante dos semanas utilizando cubrezapatos. Después se repitieron las mismas mediciones sin el uso de cubrezapatos. El personal habitualmente establecido en quirófano utilizaba zapatos de uso exclusivo en esa área, pero cuando acudían proveedores o visitantes se les indicaba el uso de cubrezapatos; esta práctica se suspendió en la segunda fase de este estudio, al demostrar que no hubo diferencia significativa en la cuenta media de colonias de bacterias cultivadas del piso en los dos períodos.³⁴

En un hospital de India, se realizó un estudio en terapia intensiva donde se midió la contaminación del suelo y aire con y sin uso de cubrezapatos. El estudio se realizó en dos fases, la primera duró dos semanas, donde todos los visitantes y personal debían usar cubrezapatos, se tomaron muestras del suelo cuatro veces al día y del aire dos veces, todos los días. Posterior a esto se realizó la segunda fase, donde se hizo el mismo procedimiento, pero en esta ocasión, dejando que tanto el personal como visitantes entraran con los zapatos que traían puestos. No se encontró diferencia significativa entre ambas muestras de suelo y aire ($p > 0.05$ para ambas).³⁵

Resultados del estudio en una sala limpia tipo NASA 100 que evaluó cómo diferentes tipos de calzado y vestimenta afectan la limpieza del entorno quirúrgico, mostraron que el uso de zapatos quirúrgicos resultó en menores concentraciones de polvo en el aire durante el movimiento intraoperatorio, indicando que el

calzado exclusivo puede contribuir a mantener un ambiente más limpio en el quirófano.³⁶

Es claro que el uso de cubrezapatos no es necesario y la utilización de zapatos exclusivos para quirófano es deseable.

Alternativas reutilizables para envoltorios de esterilización

En Reino Unido, se estima que se venden al sector salud 127,500 toneladas de envoltorios para esterilización. Según el *Healthcare Plastics Recycling Council*, este tipo de envolturas hechas de polipropileno están dentro de los plásticos hospitalarios reciclables³⁷ por lo que, en caso de no poder ser sustituidos, se sugiere contactar centros locales de reciclaje.

Existen estudios de caso donde han cambiado los envoltorios de esterilización de textil no tejido desechable a cajas de metal reutilizables. En 2010, gracias a esta transición de tan sólo 66% de los envoltorios a contenedores rígidos reutilizables, el *Metro West Medical Center* ahorró \$29,843 dólares al evitar la compra de los envoltorios de tela azul no tejida, y la reducción de 2.5 toneladas de residuos. Esto representó una tasa de 40% de retorno de la inversión en los contenedores en 12 meses.³⁸

Reduce el consumo de agua

Recomendaciones: favorecer el uso de soluciones antisépticas alcohólicas al menos 70% para el lavado quirúrgico sin cepillo. En el caso de lavado quirúrgico con agua, instalar lavabos con sensor, automáticos o con pedal.

Frotar no tallar

Tradicionalmente, para realizar el lavado quirúrgico se utilizan cepillos o esponjas con distintos jabones y soluciones antisépticas, para eliminar la contaminación superficial. Si bien estos métodos eliminan cualquier agente infeccioso de la piel, también destruyen la barrera protectora contra otros patógenos.

Las soluciones antisépticas a base de alcohol al menos a 70% tienen efecto bactericida inmediato por el alcohol y prolongado por la clorhexidina o la solución iodada, y ambas

son comparables en su efecto para reducir los recuentos bacterianos.^{39,40}

En 2017, un estudio aleatorizado, controlado de la Universidad de Cambridge comparó la efectividad antimicrobiana de diferentes métodos antisépticos, incluyendo el lavado convencional con iodopovidona a 10%, el lavado convencional con clorhexidina a 4% y el uso de soluciones alcoholadas (gluconato de clorhexidina a 1% con alcohol 61%). Los dos últimos métodos resultaron superiores en la inhibición bacteriana, sin encontrar diferencias entre ellos.⁴¹

Una revisión de Cochrane (2008) actualizada en 2016 concluyó que no había superioridad entre un método o el otro,⁴² por lo que la Organización Mundial de la Salud (OMS) desde 2015 propone el uso de cualquiera de las dos técnicas, con un nivel de recomendación fuerte y calidad de la evidencia moderada.⁴³

En el lavado tradicional, se estima que se utilizan entre 18.5⁴⁴ y 20.2 litros de agua por personal de la salud, antes de un procedimiento.⁴⁵

El uso de soluciones alcoholadas para el lavado quirúrgico puede ahorrar desde 2.7 millones⁴⁶ hasta 60 millones de litros de agua por año, y representa un ahorro potencial de 135 toneladas de eCO₂.⁴⁷

A través de campañas de concientización, el uso de soluciones alcoholadas por parte del personal puede aumentar de 22 a 80%.^{46,48}

En las guías globales de la OMS para la prevención de infecciones de sitio quirúrgico, en el apartado “preparación quirúrgica de las manos”, desde 2018 se incluye la técnica correcta y las indicaciones para realizar higiene de manos prequirúrgica con soluciones alcoholadas.⁴⁹

Instalar lavabos con sensor, automáticos o con pedal

Una de las intervenciones iniciales realizadas por el comité de quirófanos verdes del Hospital Carolinas Medical Center de Carolina del Norte fue observar el lavado quirúrgico de 100 personas consecutivas antes de entrar a la sala. Sólo en dos casos se cerró la llave de agua mientras los participantes se enjabonaban o tallaban, y con frecuencia la llave permanecía abierta en el momento en que el personal entraba a la sala.

Se estimó que 2.7 millones de litros de agua se desperdician anualmente en su centro.⁴⁶

Cuando no se cuenta con lavabos con sensor, intervenciones como el uso de soluciones alcoholadas para el lavado quirúrgico, tener un asistente que abra y cierre las llaves durante el lavado con agua, o ajustar el ángulo del sistema de cierre yertura de la llave de agua con el brazo para que sea de fácil acceso a los cirujanos reducen el consumo de agua. Un estudio no aleatorizado, de medición antes y después de una intervención, mostró que la acción con mayor impacto en la disminución del gasto de agua fue ajustar los mandos para que fueran de fácil acceso a los cirujanos (0.73 (0.22) l/min), en comparación con el grupo control (antes de la intervención) que consumió 2.19 (0.84) l/min; p = 0.001. La intervención de tener una persona para cerrar las llaves de agua (1.36 (0.66) l/min) también mostró una diferencia significativa con el grupo control (p = 0.005).⁵⁰

Evita procedimientos o intervenciones innecesarias

Recomendación: evitar procedimientos o intervenciones innecesarias que además de disminuir la seguridad del paciente, contribuyen a disminuir la huella de carbono que generan los hospitales, así como la carga financiera del sistema de atención médica sin exponer la salud del enfermo.

Evitar exámenes histopatológicos sólo por rutina

El examen histopatológico de rutina de las muestras quirúrgicas fue recomendado en 1926 por MacEachern.⁵¹ Actualmente, no todo lo que se extirpa en una cirugía debe enviarse a estudio histopatológico.⁵² Varios autores⁵³⁻⁵⁵ recomiendan que se envíen muestras sólo cuando existen alteraciones macroscópicas en un órgano; por ejemplo, la piel del prepucio extirpada en una circuncisión, la placenta, el tejido hemoroidal extirpado, o el obtenido en una plastía inguinal o abdominal, deben estar exentas de estudio histopatológico si no presentan alteraciones.^{56,57} Cada hospital, dependiendo de la región en donde se encuentra,

debe realizar su propia lista de muestras exentas de revisión histopatológica.

Evitar el uso innecesario de sondas y catéteres

El uso de sondas y catéteres contribuye con 11.4 y 15.2 kg eCO₂ respectivamente.⁵⁸ Además de la huella de carbono que genera el uso rutinario de catéteres en cuidados intensivos, puede ocasionar morbilidades graves como la infección del torrente sanguíneo relacionada con el catéter, lo que aumenta el costo y los días de estancia hospitalaria.^{59,60}

Asimismo, el uso de sondas en la vía urinaria está asociada a infecciones⁶¹ entre otras complicaciones.⁶² Su composición plástica inhibe los mecanismos naturales de defensa del tracto urinario y aumenta la colonización bacteriana y la formación de *biofilms* en la superficie de la misma.⁶³ Son los dispositivos médicos más utilizados en los hospitales, y se ha demostrado que hasta la mitad de los pacientes, no tienen una indicación adecuada para su colocación y permanencia;⁶⁴ además de aumentar el riesgo de infecciones, su manufactura y disposición final generan una gran cantidad de desechos.

Evitar estudios bioquímicos innecesarios

McAlister y colaboradores en Australia midieron la huella de carbono de diferentes pruebas bioquímicas. El hemograma genera 116 g de eCO₂/muestra, la prueba de gases arteriales 49 g de eCO₂/muestra, las pruebas de coagulación que incluyen tiempo de tromboplastina e *International Normalized Ratio* (INR), 82 g de eCO₂/muestra, urea y electrolitos 99 g de eCO₂/muestra) y la proteína C reactiva (PCR) 0.5 g de eCO₂/muestra.⁶⁵

La mayor huella de carbono generada por los estudios de sangre sucede en la fase de toma de muestra, debido a los insumos utilizados como alcohol, guantes, dispositivos para extracción de sangre, tubos y bolsas, y corresponde entre 63-95%.⁶⁵

El sensibilizar al personal médico del problema relacionado resulta en la disminución de estudios innecesarios. Por ejemplo, implementar directrices basadas en evidencia, apoyar en la toma de decisiones, participación de partes interesadas y sesiones educativas para disminuir las pruebas preoperatorias de bajo valor diag-

nóstico en cirugías de bajo riesgo (por ejemplo, hernia inguinal, lumpectomía y colecistectomía laparoscópica), logran una disminución de 16 a 27% en las tasas de pruebas innecesarias.⁶⁶

De acuerdo con un estudio de caso de salud sin daño, en el departamento de urgencias del Hospital Barwon en Australia, un equipo multidisciplinario se encargó de llevar a cabo la revisión de las pruebas de laboratorio, y de realizar una campaña educativa dentro del hospital. Disminuyeron en el área de urgencias 41% de pruebas para diagnóstico de COVID-19, 53% gasometrías y 48% pruebas de coagulación. Con estos cambios, no se identificaron efectos adversos y se ahorraron 885,000 dólares por año en costos de patología, 726 horas de tiempo de trabajo del personal y 906 kg de eCO₂.⁶⁷

DURANTE LA CIRUGÍA

Revisa y racionaliza

Crea en tu quirófano una lista de preferencia de material por cirujano o por tipo de cirugía

Utilizar una lista de material estandarizado por tipo de cirugía y de acuerdo con la preferencia de los equipos quirúrgicos reduce el peso de las charolas y la energía necesaria para su esterilización. También disminuye los costos de la cirugía⁶⁸ y el número de charolas abiertas que requieren reprocesarse,⁶⁹ lo cual se ha demostrado en distintos tipos de cirugías, por ejemplo: digestiva,⁶⁸ torácica,⁶⁹ endocrina⁷⁰ y de cabeza y cuello.⁷¹

Es una medida con un proceso relativamente sencillo de hacer y parece haber poca resistencia y desacuerdo entre los equipos quirúrgicos para realizarla.⁶⁹

Varios estudios han utilizado el método conocido como “proceso ajustado” (*lean process*) para reducir el número de instrumentos estériles al mínimo indispensable para realizar una cirugía eficiente y segura.⁶⁸ Este proceso consiste en clasificar (determinar el uso o desperdicio del instrumento), simplificar (remover instrumentos innecesarios), revisar (confirmar disponibilidad de los instrumentos que se requieren), estandarizar (todas las charolas iguales para un determinado procedimiento) y autodisciplina (monitorear el éxito).⁷²

La alternativa simplificada a este método consiste en evaluar la técnica de un procedimiento quirúrgico y etiquetar el material como "valioso" o "no valioso".⁷²

Revisa los paquetes de un solo uso

Recomendación: diseñar en conjunto con proveedores un paquete prearmado de instrumental de acuerdo con las necesidades de la intervención quirúrgica. Privilegiar material reutilizable.

La implementación de acciones sostenibles específicas relacionadas con los dispositivos médicos estériles en el quirófano, entre ellos el uso de un kit quirúrgico con un solo empaque, un kit que contenga todos los dispositivos quirúrgicos para una cirugía y la creación de un cuestionario de desarrollo sostenible para proveedores de dispositivos médicos, genera importantes beneficios ecológicos en términos de limitación del calentamiento global, toxicidad ambiental y humana, ocupación del suelo, recursos minerales y fósiles y el consumo de agua, así como beneficios económicos a largo plazo.⁷³

Abre sólo lo que se necesita y cuando se necesita

Los paquetes quirúrgicos de instrumental estéril se abren con frecuencia antes de que comience la cirugía, 80% de los residuos sólidos quirúrgicos se genera antes de que el paciente entre al quirófano, y la mayor parte de estos residuos están asociados con el embalaje. No existe evidencia sólida sobre cuántos residuos podrían evitarse si la apertura de los paquetes estériles se retrasara hasta el inicio de la cirugía.

Una auditoría multicéntrica realizada en el Reino Unido concluyó que 40% de los residuos generados en quirófanos eran potencialmente reciclables. Sin embargo, el reciclaje en quirófanos no se aplica ampliamente.

Optar por productos con menos envases puede reducir hasta 30% la cantidad de desechos generados en la sala de operaciones.⁷⁴

Reduce

Evita uso de equipo innecesario

Recomendaciones: brindar transparencia en los precios para los cirujanos; educación sobre el desperdicio para el personal; revisión minuciosa de las tarjetas de preferencia de los cirujanos para eliminar los artículos innecesarios, con especial atención a las cirugías con alto desperdicio; y revisión sobre qué materiales deben abrirse en el campo estéril y cuáles deben estar disponibles en la sala según sea necesario.

En Estados Unidos, el sistema de salud genera cerca de 2 billones de kilos de basura al año, la mayor parte productos de un solo uso y envases de esterilización.^{75,76}

Al final de un procedimiento quirúrgico, suelen quedar suministros sin usar o parcialmente usados, lo que representa una fuente de residuos evitables. Estos suministros no utilizados contribuyen a las más de 2,000 toneladas de basura diarias que terminan como residuos biopeligrosos, en lugar de reciclarse, reutilizarse o reducirse.⁷⁷

Existe una gran variedad y una magnitud significativa de desperdicios prevenibles en los quirófanos, que se asocia con la tendencia en cirugía a anticipar las necesidades y las emergencias, pero que puede evitarse con algunas recomendaciones como: promover la transparencia de precios, desarrollar informes de cirujanos que muestran el costo promedio de los suministros quirúrgicos para cada tipo de cirugía realizada durante el mes anterior, en comparación con su desempeño inicial y el desempeño de todos los cirujanos que realizaron el mismo procedimiento durante un periodo de referencia.⁷⁸

El envoltorio azul que se utiliza para la esterilización de material generalmente está hecho de polipropileno no tejido, y constituye hasta 19% de los residuos de un quirófano.

Una auditoría de residuos de los Estados Unidos mostró que una sola cirugía de histerectomía genera más de 9 kg de residuos. La mayoría de estos residuos son batas de plástico, envolturas azules y campos quirúrgicos (generalmente polipropileno), que representan entre 22 y 35% del total de residuos, mientras que los guantes representan 5%. Entre 36 y 46% de los residuos se componen de otros artículos de plástico como envases, láminas y bandejas. Los

envases de plástico no pueden cuantificarse fácilmente sólo a través de los datos de compra, pero las auditorías de residuos muestran que se trata de otra categoría a la que hay que dar prioridad en los esfuerzos de reducción.⁷⁷

Reusa

Opta por insumos reusables, híbridos, o equipo reprocesado adecuadamente en lugar de desechables.

En las últimas décadas, se ha producido un cambio para sustituir los artículos reutilizables por los desechables en la atención sanitaria. Los insumos desechables no son siempre esenciales para una prestación más segura de la atención sanitaria, porque ya se dispone de alternativas reutilizables seguras y rentables que ofrecen los mismos niveles de higiene y seguridad. El uso innecesario de productos desechables aumenta los residuos sanitarios y los costes asociados.

Se ha demostrado en múltiples estudios una disminución notoria de costos y en el impacto ambiental (reducción de desechos de 65% por procedimiento) al utilizar instrumentos reusables como riñones de acero inoxidable y bultos de ropa quirúrgica,⁷⁹ cauterios, flaneras, riñones, mangos de lámparas, engrapadoras, dispositivos de energía avanzada,⁸⁰ ropa quirúrgica,⁸¹ compresas,⁸² tijeras,⁸³ mascarillas laríngeas,⁸⁴ laringoscopios^{73,85} y charolas de medicamentos anestésicos.¹⁷ Este hallazgo coincide con lo encontrado al utilizar instrumental reusable en cirugías laparoscópicas (colectectomías,⁸⁶⁻⁸⁸ hernioplastías,⁸⁹ cirugía bariátrica^{80,90} y apendicectomía).⁹¹ La reducción del impacto ambiental se conserva aun considerando costos asociados como reemplazo, limpieza y esterilización y sin encontrar diferencias en la hemorragia intraoperatoria, complicaciones, falla del equipo y facilidad de uso.⁸⁰

La evidencia que apoye el uso de instrumentos desechables cuando se considera su función, facilidad de uso, seguridad del paciente, transmisión de infecciones o resultados quirúrgicos a largo plazo es pobre.⁸⁸

El cambio hacia los productos desechables se debió en parte a la simplificación engañosa

de que los productos desechables reducen los riesgos de contaminación. Sin embargo, el riesgo de infección depende de múltiples factores, incluyendo el producto en sí y el procedimiento. Se necesita un análisis caso por caso para una comparación verdadera, pero es difícil asociar una reducción en la tasa de infección con un producto específico. El riesgo de infección asociado con los artículos reutilizables a menudo no se demuestra o es extremadamente pequeño.⁹²

Veinticinco por ciento de más de 6,000 hospitales y 2,700 centros de cirugía ambulatoria de Estados Unidos informan que utilizan al menos un tipo de dispositivo de un solo uso reprocesado. El ahorro de costos, además de una alternativa respetuosa con el medio ambiente que ofrece la industria de reprocesamiento, lo convierte en una inversión atractiva para los hospitales.⁷⁶

Más de 60% de los dispositivos médicos en la lista de dispositivos de un solo uso de la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos que se sabe que se reprocesan o se consideran para reprocesamiento, se utilizan en tratamientos quirúrgicos; por lo que los entornos quirúrgicos se beneficiarían significativamente y deberían interesarse más en los esfuerzos de reprocesamiento adecuado. Hasta la fecha, la Oficina de Responsabilidad Gubernamental de los Estados Unidos no ha encontrado evidencia que indique que el uso de dispositivos reprocesados correctamente aumenta el riesgo para la salud.⁷⁶

La introducción de la cirugía mínimamente invasiva en los últimos 20 años ha aportado beneficios innegables a los pacientes. Sin embargo, este tipo de cirugía implica más instrumental desechable, erróneamente visto como una opción más económica, y a menudo se omiten todos los costes ocultos (eliminación, pérdida de recursos cuando se abre un dispositivo innecesario, mantenimiento de un inventario de alto volumen). El control de infecciones es una de las premisas utilizadas para justificar el uso de instrumental de un solo uso. Sin embargo, los datos muestran que las tasas de infección son comparables a las del instrumental reutilizable. Cunha y Pellino demuestran en un estudio de casos

y controles de 100 pacientes sometidos a appendicectomía con instrumental de energía avanzada reutilizable vs de un solo uso, que las tasas de infección fueron similares (2% en cada grupo; $p = 0.536$).⁷⁴ Además, al considerar los efectos y costes ambientales, el efecto negativo del instrumental de un solo uso sobre el medio ambiente es evidente.⁹³

Fender y colaboradores en un estudio prospectivo en el que se realizaron 6,000 colecistectomías laparoscópicas revisaron la durabilidad higiénica de los instrumentos reusables. Se encontraron trazas de proteínas después de 100 ciclos en ocho de 32 instrumentos. No hay una prueba rápida para examinar el estado de limpieza de los consumibles estériles y la detección de residuos de proteínas no se correlaciona con la presencia de complicaciones de la herida o fiebre.⁹²

Trócares

Migrar a la utilización de trócares híbridos puede tener un rol importante en la reducción de contaminantes y también representa un ahorro para los sistemas de salud.

Rizan y colaboradores realizaron un estudio que comparó la huella de carbono generada por el uso de instrumentos desechables e híbridos al realizar colecistectomías. El impacto ambiental del uso de instrumentos híbridos fue claramente menor, con una reducción promedio de 60% (1,756 vs 7,194 g CO₂e por cirugía). También se encontró que los trócares de un solo uso tienen 182% mayor impacto en recursos económicos, 379% mayor impacto en el cambio climático, 83% mayor impacto en la calidad del ecosistema y 240% mayor impacto en la salud humana que los trócares reusables. Este cambio en el impacto ambiental producido por uso de instrumentos híbridos fue mejor, aún si el número de reusos era pequeño y considerando el reprocesamiento de los insumos.⁹⁴

Persiste la controversia sobre el uso de trocares reutilizables. A pesar de disminuir costos y desechos de la cirugía, algunos estudios han demostrado fugas de gas pericanulares y movimientos deslizantes de los trocares durante la introducción y retiro del instrumental.⁸⁹

Reemplaza

Cambia a alternativas con menor huella de carbono

Elegir textiles reutilizables (batas, gorros, cubiertas de carros y campos), realizar técnicas de lavado a base de alcohol (en lugar de técnicas a base de agua y jabón), el uso racional de catéteres, la correcta administración de antibióticos, el uso de platos de riñón reutilizables, la elección del método de esterilización de la piel, la elección de los materiales de cierre de la piel, evitar el uso innecesario de guantes, de batas estériles en el quirófano cuando no se realiza una tarea estéril y la apertura de equipos no utilizados, son algunas acciones para disminuir la huella de carbono.

Decidir cuál es la opción con menor huella de carbono en nuestro medio, depende del contexto hospitalario y regional. Por ejemplo, el uso de energía proveniente de carbón café o lignito para esterilizar,¹⁸ o el uso lavadoras no ahorradoras, sin planta de tratamiento de agua,⁹⁵ son escenarios en los que debe de evaluarse de manera particular el beneficio ambiental del reuso en comparación con el ciclo de vida completo de los insumos desechables.^{21,85,96}

Cambia a engrapadoras reutilizables

La utilización de engrapadoras multiuso en vez de engrapadoras de un solo uso para la confección de anastomosis gastrointestinales ha demostrado disminuir el uso de recursos y la generación de basura.⁹⁷

Meissner y colaboradores evaluaron un sistema de grapeo quirúrgico de un solo uso contra otro multiuso, en procedimientos bariátricos y de cirugía de tórax, y se estimó el número de cartuchos necesarios para cada procedimiento. En cada cirugía considerada, al cambiar una engrapadora de un solo uso por una multiuso, se obtuvo una reducción de desechos acumulados de 40% en manga gástrica, de 70% en bypass gástrico y de 62% en lobectomía videoasistida. El uso extendido de recursos también fue menor con el uso de engrapadoras multiuso: 92% en manga

gástrica, 96% en bypass gástrico y 95% en lobectomía videoasistida. Estos números persistieron siempre y cuando los sistemas multiuso fueran utilizados más de cuatro ocasiones.⁹⁰

De acuerdo con los resultados de una encuesta realizada por los mismos autores, 67% de los cirujanos bariatras utilizan cartuchos con refuerzo de la línea de grapeo.⁹⁷ Un estudio comparó el uso de engrapadoras de un solo uso que utilizan cartuchos de grapas con la línea de refuerzo por separado, contra engrapadoras multiuso con y sin material de refuerzo incorporado al cartucho de recarga. De cada sistema se calcularon el total de desechos generados, el total de material usados en su manufactura, y la emisión de gases con efecto invernadero secundaria a la cantidad de litio que contienen.

Las engrapadoras multiuso con refuerzo incluido resultaron en una reducción de los desechos de 40%, reducción de desechos del empaque de 60%, menor consumo de materiales en 90% y menores emisiones de gases invernadero (producidos por su contenido de baterías de litio) en 99.7%, en comparación con la engrapadora de un solo uso con refuerzo separado.⁹⁷

Por otro lado, un metaanálisis del uso de engrapadoras para cierre de piel vs sutura en pacientes con cirugía de ortopedia demostró que no existe diferencia en la tasa de infección y el único beneficio a favor del uso de engrapadoras para piel es menor tiempo.⁹⁸ La huella de carbono de una engrapadora (0.37 kgCO₂e) es 20 veces mayor que la de una sutura monofilamento absorbible 3-0 (0.018 kgCO₂e).⁵⁸

Guantes

Recomendaciones: en el caso de comprar guantes que son estériles, se debe preferir que se haya usado radiación gama para este fin. Los guantes quirúrgicos no deben contener acelerador difenilguanidina. El nivel de polvo residual en los guantes no debería superar los 2 mg/guante.⁹⁹

Los guantes son uno de los elementos desechables más utilizados en el sector salud. Algunos materiales y sustancias químicas con los que se fabrican son dañinos a la salud en todo

su ciclo de vida, por ejemplo, el policloruro de vinilo (PVC). Otros aditivos que se agregan para hacer los guantes más flexibles pueden generar alergias e irritación en la piel. En este sentido, se sugiere utilizar guantes que no contengan PVC ni di2-etylhexilftalato (DEHP), o que la concentración total de esta sustancia química no supere el 0.1% del peso del producto ofrecido. Otros compuestos que deben evitarse son: bisfenol A, o sus análogos estructurales y/o ésteres de ácido ftálico en concentraciones superiores a 50 ppm (50 mg/kg).

Preferir guantes donde el empaque es lo más reducido posible, de material reciclado o reciclabl.

Líneas intravenosas y bolsas de solución intravenosa:

Recomendación: cambiar a alternativas libres de DEHP en soluciones y líneas intravenosas en dispositivos de terapia respiratoria y mascarillas de anestesia.

Los plastificantes son aditivos que se agregan a los plásticos para dar flexibilidad y optimizar su durabilidad. Los ftalatos, como el DEHP, son uno de los plastificantes más utilizados, especialmente en productos hechos de PVC. Aproximadamente 40% de los termoplásticos usados en la medicina están hechos de PVC. Este plástico es el principal componente de productos como bolsas, tubos de solución intravenosa, mascarillas para oxígeno, catéteres, cánulas nasales, equipo de diálisis, bolsas para ostomías¹⁰⁰ e incluso guantes quirúrgicos.¹⁰¹

Los ftalatos son metabolizados en dos tiempos y eliminados por la orina. Primero son convertidos en monoésteres por la lipasa o esterasa y posterior a esto son glucuronizados. Se ha confirmado que los metabolitos de los ftalatos son más tóxicos.¹⁰⁰ Existen procedimientos bajo los cuales se sugiere puede haber mayor exposición a sustancias químicas como ftalatos y BPA, incluidos dentro de estos, los procedimientos quirúrgicos prolongados.¹⁰²

Cambiar a alternativas libres de DEHP en soluciones y líneas intravenosas,¹⁰³ dispositivos de terapia respiratoria¹⁰⁴ y mascarillas de anestesia,¹⁰⁵ entre otros dispositivos, puede dismi-

nir la exposición de los pacientes a productos químicos peligrosos. Esta recomendación es de especial importancia en áreas pediátricas, incluidas las cirugías, debido a que las y los niños son más vulnerables a este tipo de sustancias. La recomendación se extiende al tratamiento con líneas intravenosas antes, durante y después de las cirugías.^{106,107}

También se ha visto que el DEHP y otros ftalatos pueden pasar a las matrices ambientales a través de los lixiviados en los tiraderos de basura, representando riesgo para la salud y el ambiente. El cambiar los productos que contienen PVC y DEHP que utilizamos en los hospitales, por alternativas libres de estos, puede disminuir la contaminación por este tipo de sustancias químicas al ambiente.¹⁰⁸

POSTOPERATORIO

Reduce

Hasta 80% de la basura municipal de un quirófano puede estar mal clasificada como potencialmente peligrosa y empacada en bolsas rojas. Esto aumenta los costos y la huella de carbono que se genera en su disposición final. El procesamiento de la basura de las “bolsas rojas” puede costar entre seis a 20 veces más que la municipal.¹⁰⁹

Utiliza la forma con menor huella de carbono para desechar la basura adecuadamente:

1. Separa adecuadamente basura municipal de basura de recolección de productos biológicos infecciosos (RPBI).
2. Usa la basura municipal o contenedor de reciclaje para todos los empaques (papel, plástico, cartón).
3. Usa solo contenedores apropiados para punzocortantes.
4. Recolecta baterías y depositalas en contenedores especiales.

Auditorías periódicas, educación y la adecuada separación de la basura, incluyendo la colocación de plásticos en un contenedor específico para reciclaje, ha demostrado la reducción de hasta 26 toneladas de basura por mes mal clasificada como peligrosa.¹¹⁰

Esto repercute directamente en la disminución de desechos con disposición final en rellenos sanitarios y la consecuente producción de gas metano.

Apaga

Recomendaciones: apagar aparatos, máquinas de anestesia y luces cuando los quirófanos no están en uso. Disminuir o apagar los sistemas de ventilación y temperatura de los quirófanos que se encuentran desocupados.

El uso de sensores para apagar las luces cuando los quirófanos están vacíos reduce el consumo de energía en promedio entre 3 y 24% en diferentes hospitales,¹⁰⁹ y puede reducir al año hasta 717 ton² de eCO₂.¹¹⁰

La iniciativa “Power Down” en Carolinas Medical Center consistió en apagar todo el equipo de anestesiología y de quirófano que no se utilizaba por las noches en 30 salas y los fines de semana. Consideraron por quirófano un promedio de 50 focos, dos computadoras y una máquina de anestesia, lo cual se tradujo en una reducción de 234.3 tons de eCO₂/año.⁴⁶

Los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado en los hospitales, son responsables de 40% de las emisiones del sistema de salud y de 90% del consumo de energía. El Centro de Control de las Enfermedades recomienda recambios entre 15-20 v/h cuando está en uso el quirófano;¹¹¹ pero, apagarlos durante los períodos largos de inactividad (noche y fines de semana) no tiene efecto negativo en la calidad del aire y puede resultar en un ahorro de energía de hasta 70%, comparados con sistemas que funcionan continuamente.¹¹²

En un estudio realizado en quirófanos de neurocirugía en el Hospital Universitario de Alemania, se demostró que al apagar los sistemas de ventilación durante 10 horas y encenderlos 10 minutos antes de la cirugía, el cultivo de partículas suspendidas en el aire cerca de la mesa quirúrgica no excede el umbral permitido de 1×10^4 partículas y 0 unidades formadoras de colonia, y se sugiere reiniciar los sistemas de ventilación 30 minutos antes de la actividad quirúrgica.¹¹³

Otro estudio, con el objetivo de determinar el tiempo necesario para regresar a la calidad

del aire al reiniciar los sistemas de ventilación, realizó la medición de partículas y temperaturas a distintos intervalos de tiempo, demostrando que a los 20 minutos (IC95%) los sistemas de ventilación eran estables y a los 23 min (IC95%) la temperatura se mantenía en un rango estable.¹¹²

De acuerdo a la *International Organization for Standardization* (ISO 14644-1:2015)¹¹⁴ la concentración de partículas $\geq 0.5 \mu\text{m}$ en los quirófanos que no están en uso debe ser menor a 352,000 partículas/m³. Un estudio realizado en Taiwán mostró que manteniendo los quirófanos vacíos con recambios de aire de 6/h es suficiente para mantener la concentración por debajo de lo establecido y es comparable a 30 recambios/h, con un ahorro energético de 70%.¹¹⁵

Recicla

Recomendaciones: consultar con proveedores regionales para comprender todas las oportunidades de reciclaje. Preferir proveedores que vendan productos hechos de materiales que puedan ser reciclados.

Prevenir la generación de residuos es la mejor estrategia para reducirlos, pero reciclar sigue siendo una opción para disminuir los residuos finales.

Los plásticos utilizados con más frecuencia en salud y que son reciclables son:³⁷

1. Polipropileno (PP) (envoltorios de esterilización utilizados para instrumentos quirúrgicos para prevenir la contaminación).
2. Polipropileno homopolímero (PPH) (recipientes como jarras, lavamanos y tazas).
3. Polipropileno (PP) o polietileno de alta densidad (HDPE) (botellas de irrigación).
4. Tereftalato de polietileno glicol o poliestireno de alto impacto (bandejas).
5. Polietileno de baja densidad o HDPE (materiales flexibles como plásticos no tejidos y películas plásticas).

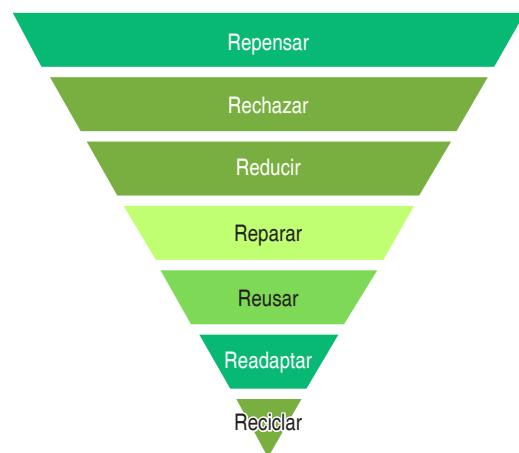
Se recomienda separarlos en el hospital, e investigar sobre empresas que puedan recibir este tipo de materiales. Por ejemplo, en varios hospitales en la región de Chicago,

se realizó una separación de ciertos residuos de quirófanos seleccionados. Previo a esto se habló con las recicadoras para valorar la aceptación de los diferentes plásticos y su clasificación.^{37,116}

Readaptar

Hacer que algunos productos sobrantes se utilicen o se adapten a funciones distintas de aquellas para las que fueron manufacturados se considera parte de la pirámide de desechos (*Figura 1*), y es una buena manera de darle otra vida a algunos de los productos no utilizados en el hospital. Se ha visto en diferentes estudios de caso, que el rediseño de productos que salen de los quirófanos es posible. En algunos de éstos se ha propuesto donar artículos limpios no reutilizables como bandejas de plástico, toallas quirúrgicas, batas, entre otros insumos para proyectos de arte en escuelas, lavado de autos, empresas de mudanza, organizadores de material para las escuelas entre otros.¹¹⁷

En dos casos en hospitales de Brasil, también se realizaron otras ideas para darle una segunda vida a textiles hospitalarios. En el primero, se donaron textiles, como batas quirúrgicas y sábanas, para hacer bolsas, peluches y nuevos uniformes médicos entre otros;¹¹⁸ y en



En esta pirámide se representan siete acciones para considerar al momento de adquirir un bien o producto, con el objetivo de favorecer una economía circular y sustentable. Las acciones en la parte más ancha de la pirámide deben tener prioridad o son más deseables sobre las que se localizan en la punta.

Figura 1: Pirámide de jerarquía de desechos.

otro ejemplo, las pijamas quirúrgicas que ya no podían seguir siendo utilizadas, se mandaron para hacer nuevos hilos y poder hacer bolsas y fundas de almohadas. Con esto se estima que se disminuyó la huella de carbono en 343.31 ton de eCO₂.¹¹⁹

Mejorar la calidad de la atención quirúrgica

Reducción de tiempo de estancia hospitalaria

Se estima que en promedio un paciente hospitalizado en Japón emite 12 ton eCO₂ por paciente, 5.4 veces más eCO₂ que uno no hospitalizado.¹²⁰

La aplicación del protocolo *Enhanced Recovery After Surgery* (ERAS) facilita disminuir la estancia de los pacientes, con menos complicaciones y menor mortalidad.^{121,122} Con estos cambios, también se reduce la huella de carbono generada por la atención perioperatoria de nuestros pacientes.

En un estudio en cirugías colorrectales con protocolo convencional vs ERAS, se comprobó que la implementación de ERAS tiene un impacto ambiental 6% menor comparado con el convencional. La reducción del impacto ambiental con el uso de este protocolo se debió a una disminución de 5% en gases de efecto invernadero (18 kg eCO₂ menos por intervención) y 27% menos en el consumo de agua (3 m³ menos por procedimiento).¹²³

Reducción de complicaciones prevenibles

Las infecciones asociadas a la atención a la salud, en particular las quirúrgicas aumentan la estancia hospitalaria, el consumo de material de curación, de medicamentos y tiempos quirúrgicos, por lo que su prevención es fundamental.

IMPLEMENTACIÓN Y TRANSICIÓN

Al implementar cambios en los quirófanos y hospitales nos podemos encontrar con barreras que los limiten, retrasen o incluso los impidan. Es importante tomar en cuenta los diferentes factores de percepción, conocimiento e interés del personal y los pacientes para poder realizar estos cambios de manera más eficiente.¹²⁴

Conformar un equipo de trabajo

Se recomienda conformar un equipo de trabajo multidisciplinario que sea el encargado de los proyectos de sostenibilidad en el hospital. Algunos pasos importantes que podrían facilitar el cambio son: asignar roles de trabajo, definir objetivos claros, hacer un diagnóstico de la situación actual, generar un plan de acción, fortalecimiento y reevaluación del equipo.¹²⁵

Implementación de los proyectos

Hacer una prueba o estudio piloto

Los estudios piloto ayudan a evaluar la implementación de nuevas acciones, métodos y procedimientos, permitiendo conocer la factibilidad de estos. Los estudios piloto requieren menos tiempo y menor inversión y permiten planear de mejor manera la implementación final.

Hacer un análisis de percepción, conocimiento e interés al personal

Debido a la complejidad que encontramos en los sistemas de salud, el cambio de comportamiento requiere intervenciones bien planeadas. Si conocemos previo a la intervención la percepción e interés del personal, será más sencillo saber cómo incidir. Se recomienda utilizar alguna de las siguientes teorías o metodologías: las etapas del modelo transteórico del cambio,¹²⁶ el modelo de creencias en salud¹²⁷ y la teoría nudge o teoría del empujón.¹²⁸ Existen otras que también se pueden utilizar como guía para realizar estas evaluaciones y saber si existen barreras en el personal para hacer el cambio de comportamiento.

CONCLUSIÓN

El impacto ambiental generado por el uso de anestésicos inhalados, materiales desechables y consumo ineficiente de recursos requiere una acción inmediata y coordinada.

La implementación de estrategias sostenibles, como el uso de anestesia regional o intravenosa cuando sea posible, la reducción de gases anestésicos de alto GWP y la transi-

ción hacia equipos reutilizables, pueden tener un impacto significativo en la reducción de la huella de carbono de los quirófanos. Estas acciones deben ir acompañadas de un enfoque sistemático hacia la gestión de residuos, la formación del personal y el monitoreo de métricas clave para garantizar un progreso constante.

Además, es fundamental que las instituciones de salud prioricen la innovación tecnológica, como la recaptura de gases anestésicos y el diseño de equipos más eficientes, así como la adopción de políticas claras que fomenten la sostenibilidad y el reciclaje.

Por último, se debe reconocer que estos cambios no sólo benefician al medio ambiente, sino que también contribuyen a optimizar costos y mejorar la eficiencia operativa. A medida que los hospitales y clínicas adopten estas prácticas, servirán como modelos para otros sectores de la sociedad, demostrando que es posible combinar excelencia clínica con responsabilidad ambiental.

Por ello en la AMCG estamos convencidos que, con un compromiso sostenido y una visión compartida, los quirófanos pueden transformarse en espacios que no sólo salvan vidas, sino que también protegen a nuestro planeta.

REFERENCIAS

1. Ryan SM, Nielsen CJ. Global warming potential of inhaled anesthetics: application to clinical use. *Anesth Analg*. 2010; 111 (1): 92-98.
2. Bambarén C, Chú M. Impacto ambiental del uso del gas anestésico inhalatorio sevoflurano en un hospital de Perú. *Rev Médica Hered*. 2018; 29 (3): 147.
3. Brooks P, Absalom AR. When will we call time on desflurane? Comment on Br J Anaesth. 2022; 129: e79-e81. *Br J Anaesth*. 2022; 129 (4): e81-82.
4. Gordon D. Sustainability in the operating room. *Anesthesiol Clin*. 2020; 38 (3): 679-692.
5. Thiel CL, Woods NC, Bilec MM. Strategies to reduce greenhouse gas emissions from laparoscopic surgery. *Am J Public Health*. 2018; 108 (S2): S158-164.
6. Martínez RA, Maroño BMJ, Guereca GA, Escontrela RBA, Bergese SD. Emisiones Zero. Una responsabilidad compartida. Proyecto captura de gases y reciclado en el Hospital Universitario de Cruces. *Rev Esp Salud Pública*. 2023; 97 (e202301001).
7. Portela-Ortiz JM, Hernández-Cortés C, Delgadillo-Arauz C. Flujos bajos en anestesia. 2015; 38 (1): S352-355.
8. Samad K, Yousuf MS, Ullah H, Ahmed SS, Siddiqui KM, Latif A. Anesthesia and its environmental impact: approaches to minimize exposure to anesthetic gases and reduce waste. *Med Gas Res*. 2025; 15 (1): 101-109.
9. Collins J, Karim M, Akcay B, Palaniappa N, Wong J. Implementing a clinical decision support tool to reduce operating room anesthetic fresh gas flow: a resident-led, sustainability-focused quality improvement initiative. *J Grad Med Educ*. 2024; 16 (6s): 140-144.
10. Döller T, Schuler J, Wallqvist J, Rossaint R, Kowark A, Ziemann S, et al. Easy-to-implement educational interventions to bring climate-smart actions to daily anesthesiologic practice: a cross-sectional before and after study. *Minerva Anestesiol*. 2024; 90 (3): 126-134. Available in: <https://www.minervamedica.it/index2.php?show=R02Y2024N03A0126>
11. Müller-Wirtz LM, Volk T, Meiser A. Towards sustainability of volatile anaesthetics: capture and beyond. *Br J Anaesth*. 2024; 133 (6): 1363-1366.
12. Kampman JM, Van Bree EM, Gielen L, Sperna Weiland NH. A nation-wide approach to reduction in anaesthetic gas use: the Dutch Approach to tanfording anaesthesia. *Br J Anaesth*. 2025; 134 (4): 1146-1152.
13. Parilli-Johnson C, Pitman JS, Barbee K, Flowe A, Hooge N, Thompson JA, et al. Implementation of a power down initiative in 34 operating rooms. *AANA J*. 2024; 92 (4): 257-268.
14. Parvatker AG, Tunceroglu H, Sherman JD, Coish P, Anastas P, Zimmerman JB, et al. Cradle-to-gate greenhouse gas emissions for twenty anesthetic active pharmaceutical ingredients based on process scale-up and process design calculations. *ACS Sustain Chem Eng*. 2019; 7 (7): 6580-6591.
15. Lane SF. The environmental sustainability of propofol use in daily practice. *Br J Anaesth*. 2020; 124 (6): e221-222.
16. Mankes RF. Propofol wastage in anesthesia. *Anesth Analg*. 2012; 114 (5): 1091-1092.
17. McGain F, Muret J, Lawson C, Sherman JD. Environmental sustainability in anaesthesia and critical care. *Br J Anaesth*. 2020; 125 (5): 680-692.
18. McGain F, McAlister S, McGavin A, Story D. A Life cycle assessment of reusable and single-use central venous catheter insertion kits. *Anesth Analg*. 2012; 114 (5): 1073-1080.
19. Overcash MR, Sehulster LM. Estimated incidence rate of healthcare-associated infections (HAIs) linked to laundered reusable healthcare textiles (HCTs) in the United States and United Kingdom over a 50-year period: Do the data support the efficacy of approved laundry practices? *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2022; 43 (10): 1510-1512.
20. McQuerry M, Easter E, Cao A. Disposable versus reusable medical gowns: a performance comparison. *Am J Infect Control*. 2021; 49 (5): 563-570.
21. Vozzola E, Overcash M, Griffing E. Environmental considerations in the selection of isolation gowns: a life cycle assessment of reusable and disposable alternatives. *Am J Infect Control*. 2018; 46 (8): 881-886.
22. Royal Australasian College of Surgeons. Reusable Surgical Gowns Position Statement [Internet]. 2023. Available in: <https://www.surgeons.org/-/media/>

- Project/RACS/surgeons-org/ESSPWP/2023-11-08_Reusable-Gowns-Position-Statement_Final.pdf
23. Health Care Without Harm. Measuring and reducing plastics in the healthcare sector [Internet]. [Cited 2025 Jun 6]. Available in: <https://europe.noharm.org/sites/default/files/documents-files/6886/2021-09-23-measuring-and-reducing-plastics-in-the-healthcare-sector.pdf>
 24. Nix Maria. The University of Maryland Medical Center: Reusable Textiles in the OR [Internet]. Greening the OR; [Cited 2025 Jun 6]. Available in: https://practicegreenhealth.org/sites/default/files/upload-files/casestudy_uofmd_r7_web.pdf
 25. Burguburu A, Tanné C, Bosc K, Laplaud J, Roth M, Czerny-Delotre M. Comparative life cycle assessment of reusable and disposable scrub suits used in hospital operating rooms. *Clean Environ Syst*. 2022; 4: 100068.
 26. Chang JH, Woo KP, Silva De Souza LCN, Bilec MM, Camhi M, Melnyk AI, et al. Does reusable mean green? Comparison of the environmental impact of reusable operating room bed covers and lift sheets versus single-use. *Surgeon*. 2024; 22 (4): 236-241.
 27. Bellchambers J. A prospective study of wound infection in coronary artery surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1999; 15 (1): 45-50.
 28. Malhotra GK, Tran T, Stewart C, Battey H, Tegtmeyer B, McNeese K, et al. Pandemic operating room supply shortage and surgical site infection: considerations as we emerge from the coronavirus disease 2019 pandemic. *J Am Coll Surg*. 2022; 234 (4): 571-578.
 29. Gumera A, Mil M, Hains L, Fanshaw SR, Dunne B. Reusable surgical headwear has a reduced carbon footprint and matches disposables regarding surgical site infection: a systematic review and meta-analysis. *J Hosp Infect*. 2024; 152: 164-172.
 30. Cohen ES, Djufri S, Bons S, Knoppert MikeR, Hehenkamp WJK, Kouwenberg LHJA, et al. Environmental impact assessment of reusable and disposable surgical head covers. *JAMA Surg*. 2023; 158 (11): 1216-1217.
 31. Jones M, Jakeways M. Theatre nursing. Over-estimating overshoes. *Nurs Times*. 1988; 84 (41): 66-71.
 32. Summers PR, Biswas MK, Portera SG, Moore L. Blood-saturated operating-room shoe covers. *West J Med*. 1992; 157 (2): 184-185.
 33. Weightman NC, Banfield KR. Protective over-shoes are unnecessary in a Day Surgery Unit. *J Hosp Infect*. 1994; 28 (1): 1-3.
 34. Humphreys H, Marshall RJ, Ricketts VE, Russell AJ, Reeves DS. Theatre over-shoes do not reduce operating theatre floor bacterial counts. *J Hosp Infect*. 1991; 17 (2): 117-123.
 35. Gupta A, Anand A, Chumber S, Sashindran V, Patrikar S. Impact of Protective Footwear on Floor and Air Contamination of Intensive Care Units. *Med J Armed Forces India*. 2007; 63 (4): 334-336.
 36. Tateiwa T, Masaoka T, Ishida T, Shishido T, Takahashi Y, Yamamoto K. Impact of surgical clothing and footwear on operating room contamination during standstill and intraoperative stepping motion. *J Orthop Surg*. 2020; 28 (3): 2309499020976232.
 37. Healthcare Plastics Recycling Council. Healthcare plastics: guidance for recyclers [Internet]. 2019. Available in: https://docs.wixstatic.com/ugd/49d7a0_46a9a9caee44404e82fd70ff964eee32.pdf
 38. Deo, Anuja. MetroWest Medical Center, Natick & Framingham, MA: Rigid Sterilization Containers for Surgical Instrumentation [Internet]. 2011. Available in: https://practicegreenhealth.org/sites/default/files/upload-files/casestudy_metrowest_r6_web_1.pdf
 39. Suchomel M, Rotter M. Ethanol in pre-surgical hand rubs: concentration and duration of application for achieving European Norm EN 12791. *J Hosp Infect*. 2011; 77 (3): 263-266.
 40. Moszkowicz D, Hobeika C, Collard M, Bruzzi M, Beghdadi N, Catry J, et al. Operating room hygiene: clinical practice recommendations. *J Visc Surg*. 2019; 156 (5): 413-422.
 41. Tsai JC, Lin YK, Huang YJ, Loh EW, Wen HY, Wang CH, et al. Antiseptic effect of conventional povidone-iodine scrub, chlorhexidine scrub, and waterless hand rub in a surgical room: a randomized controlled trial. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2017; 38 (4): 417-422.
 42. Tanner J, Dumville JC, Norman G, Fortnam M. Surgical hand antisepsis to reduce surgical site infection. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016; 2016 (1): CD004288. Available in: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD004288.pub3>
 43. Allegranzi B, Zayed B, Bischoff P, Kubilay NZ, De Jonge S, De Vries F, et al. New WHO recommendations on intraoperative and postoperative measures for surgical site infection prevention: an evidence-based global perspective. *Lancet Infect Dis*. 2016; 16 (12): e288-303.
 44. Maureen Salomon. The science of handwashing: rub, don't scrub hands [Internet]. Medscape Medical News; 2020. Available in: <https://www.medscape.com/viewarticle/927250#:~:text=Covering%20the%20entire%20hand%20is,possibly%20let%20in%20germs>
 45. Ahmed A. Surgical hand scrub: lots of water wasted. *Ann Afr Med*. 2007; 6 (1): 31-33.
 46. Wormer BA, Augenstein VA, Carpenter CL, Burton PV, Yokeley WT, Prabhu AS, et al. The green operating room: simple changes to reduce cost and our carbon footprint. *Am Surg*. 2013; 79 (7): 666-671.
 47. Center for Sustainable Delivery, NHS Scotland. Embed Rubbing not Scrubbing V0.2 [Internet]. 2023. Available in: <https://www.nhsfcsd.co.uk/media/jtebvmwj/ngtp-rubbing-not-scrubbing-v13-january-2024.pdf>
 48. Prabhu AS, Pepper S, Lincourt A, Richardson S, Yurko Y, Hubbard B, et al. Water and dollars down the drain: the real cost of water wasted during surgical hand scrubbing. *J Am Coll Surg*. 2009; 209 (3): S101.
 49. World Health Organization. Global guidelines for the prevention of surgical site infection [Internet]. 2nd ed. Geneva: World Health Organization; 2018 [cited 2025 Aug 5]. 184 p. Available in: <https://iris.who.int/handle/10665/277399>
 50. Potgieter MSW, Faisal A, Ikram A, Burger M. Water-wise hand preparation – the true impact of our

- practice: a controlled before-and-after study. *S Afr Med J.* 2020; 110 (4): 291.
51. MacEachern MT. Hospital Standardization: report on hospital standardization for the year 1926. Fourteenth Year Book. Chicago: Amercian College of Surgeons; 1927. P. 43-78.
 52. Damjanov I, Vranic S, Skenderi F. Does everything a surgeon takes out have to be seen by a pathologist? A review of the current pathology practice. *Virchows Arch.* 2016; 468 (1): 69-74.
 53. Jamal Z, Yu Z, Zafar N, Li D. Reconsidering routine histopathological examination of gallbladder specimens in cholecystectomy: optimizing clinical practice and resource management. *Cureus.* 2024; 16 (7): e64762. Available in: <https://www.cureus.com/articles/229686-reconsidering-routine-histopathological-examination-of-gallbladder-specimens-in-cholecystectomy-optimizing-clinical-practice-and-resource-management>
 54. Al Duhirat E, Hammoud R, Emam F, Al-Qudimat AR, Shaikh A, Alhyari A, et al. Tonsillectomy under the microscope: is routine histopathological analysis necessary? *Cureus.* 2024; 16 (10): e71212. Available in: <https://www.cureus.com/articles/305193-tonsillectomy-under-the-microscope-is-routine-histopathological-analysis-necessary>
 55. Ur Rehman M, Moussa R, Siaw Lin C, Ahmed N, Rehman A, Malik K, et al. Cost-effectiveness of routine histopathological analysis of doughnuts after colorectal surgery three-year single-centre experience. *Int J Surg Oncol.* 2024; 2024: 9837336.
 56. Yusufi MA, Uneeb M, Khan MA, Siddiq G, Khan MS. Routine histopathology in laparoscopic sleeve gastrectomy over 10 years. *Cureus.* 2024; 16 (9): e69441. Available in: <https://www.cureus.com/articles/295840-routine-histopathology-in-laparoscopic-sleeve-gastrectomy-over-10-years>
 57. Desai AA, Knott EM, Alemanyehu H, Sherman AK, St. Peter SD, Ostlie DJ. Histologic analysis of the hernia sac: current practices based on a survey of IPEG members. *J Laparoendosc Adv Surg Tech.* 2014; 24 (9): 660-663.
 58. Westwood E, Walshaw J, Boag K, Chua W, Dimashki S, Khalid H, et al. Time for change: compliance with RCS green theatre checklist – facilitators and barriers on the journey to net zero. *Front Surg.* 2023; 10: 1260301.
 59. Bell KJL, Stancliffe R. Less is more for greener intensive care. *Intensive Care Med.* 2024; 50 (5): 746-748.
 60. Furuya EY, Dick AW, Herzig CTA, Pogorzelska-Maziarz M, Larson EL, Stone PW. Central line-associated bloodstream infection reduction and bundle compliance in intensive care units: a national study. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2016; 37 (7): 805-810.
 61. Cassone M, Ameling J, Mody L, Patel S, Muyanya NS, Meddings J. Impact of external female urinary catheter use on urine chemistry test results. *Am J Infect Control.* 2024; 52 (8): 919-924.
 62. Patel PK, Advani SD, Kofman AD, Lo E, Maragakis LL, Pegues DA, et al. Strategies to prevent catheter-associated urinary tract infections in acute-care hospitals: 2022 Update. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2023; 44 (8): 1209-1231.
 63. Venkataraman R, Yadav U. Catheter-associated urinary tract infection: an overview. *J Basic Clin Physiol Pharmacol.* 2023; 34 (1): 5-10.
 64. Meddings J, Rogers MAM, Krein SL, Fakih MG, Olmsted RN, Saint S. Reducing unnecessary urinary catheter use and other strategies to prevent catheter-associated urinary tract infection: an integrative review. *BMJ Qual Saf.* 2014; 23 (4): 277-289.
 65. McAlister S, Barratt AL, Bell KJ, McGain F. The carbon footprint of pathology testing. *Med J Aust.* 2020; 212 (8): 377-382.
 66. Antunez AG, Kazemi RJ, Richburg C, Pesavento C, Vastardis A, Kim E, et al. Multicomponent deimplementation strategy to reduce low-value preoperative testing. *JAMA Surg.* 2025; 160 (3): 304.
 67. Global Green and Healthy Hospitals. Reducing low-value tests in the barwon health emergency department. Case study. Available in: <https://greenhospitals.org/sites/default/files/2025-02/Reducing%20Low-Value%20Tests%20-%20Barwon%20Health.pdf>
 68. Skarda DE, Rollins M, Andrews S, McFadden M, Barnhart D, Meyers R, et al. One hospital, one appendectomy: The cost effectiveness of a standardized doctor's preference card. *J Pediatr Surg.* 2015; 50 (6): 919-922.
 69. Cichos KH, Linsky PL, Wei B, Minnich DJ, Cerfolio RJ. Cost savings of standardization of thoracic surgical instruments: the process of lean. *Ann Thorac Surg.* 2017; 104 (6): 1889-1895.
 70. Morris LF, Romero Arenas MA, Cerny J, Berger JS, Borror CM, Ong M, et al. Streamlining variability in hospital charges for standard thyroidectomy: Developing a strategy to decrease waste. *Surgery.* 2014; 156 (6): 1441-1449.
 71. Chin CJ, Sowerby LJ, John-Baptiste A, Rotenberg BW. Reducing otolaryngology surgical inefficiency via assessment of tray redundancy. *J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2014; 43 (1): 46.
 72. Farrokhli FR, Gunther M, Williams B, Blackmore CC. Application of lean methodology for improved quality and efficiency in operating room instrument availability. *J Healthc Qual.* 2015; 37 (5): 277-286.
 73. Rouvière N, Chkair S, Auger F, Alovisetti C, Bernard MJ, Cuvillon P, et al. Ecoresponsible actions in operating rooms: a health ecological and economic evaluation. *Int J Surg.* 2022; 101: 106637.
 74. Cunha MF, Pellino G. Environmental effects of surgical procedures and strategies for sustainable surgery. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2023; 20 (6): 399-410.
 75. Stall NM, Kagoma YK, Bondy JN, Naudie D. Surgical waste audit of 5 total knee arthroplasties. *Can J Surg.* 2013; 56 (2): 97-102.
 76. Kwakye G. Green surgical practices for health care. *Arch Surg.* 2011; 146 (2): 131.
 77. Gamba A, Napierska D, Zotinca A. Measuring and reducing plastics in the healthcare sector [Internet]. Health Care Without Harm; 2021 [Cited 2025 Jun 30]. Available from: <https://europe.noaharm.org/sites/default/files/documents-files/6886/2021-09-23-measuring-and-reducing-plastics-in-the-healthcare-sector.pdf>

78. Zygourakis CC, Yoon S, Valencia V, Boscardin C, Moriates C, Gonzales R, et al. Operating room waste: disposable supply utilization in neurosurgical procedures. *J Neurosurg.* 2017; 126 (2): 620-625.
79. Conrardy J, Hillanbrand M, Myers S, Nussbaum GF. Reducing medical waste. *AORN J.* 2010; 91 (6): 711-721.
80. Yung E, Gagner M, Pomp A, Dakin G, Milone L, Strain G. Cost comparison of reusable and single-use ultrasonic shears for laparoscopic bariatric surgery. *Obes Surg.* 2010; 20 (4): 512-518.
81. Vozzola E, Overcash M, Griffing E. An environmental analysis of reusable and disposable surgical gowns. *AORN J.* 2020; 111 (3): 315-325.
82. Kümmeler K, Dettenkofer M, Scherrer M. Comparison of reusable and disposable tanfordy pads. *Int J Life Cycle Assess.* 1996; 1 (2): 67-73.
83. Ibbotson S, Dettmer T, Kara S, Herrmann C. Eco-efficiency of disposable and reusable surgical instruments – a scissors case. *Int J Life Cycle Assess.* 2013; 18 (5): 1137-1148.
84. Eckelman MJ, Sherman J. Environmental Impacts of the U.S. Health Care System and Effects on Public Health. *PLoS One.* 2016; 11 (6): e0157014.
85. Sherman JD, Thiel C, MacNeill A, Eckelman MJ, Dubrow R, Hopf H, et al. The green print: advancement of environmental sustainability in healthcare. *Resour Conserv Recycl.* 2020; 161: 104882.
86. Adler S, Scherrer M, Rückauer KD, Daschner FD. Comparison of economic and environmental impacts between disposable and reusable instruments used for laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc.* 2005; 19 (2): 268-272.
87. Boberg L, Singh J, Montgomery A, Bentzer P. Environmental impact of single-use, reusable, and mixed trocar systems used for laparoscopic cholecystectomies. *PLoS One.* 2022; 17 (7): e0271601.
88. Siu J, Hill AG, MacCormick AD. Systematic review of reusable versus disposable laparoscopic instruments: costs and safety. *ANZ J Surg.* 2017; 87 (1-2): 28-33.
89. Lau H, Lee F, Patil NG, Yuen WK. Two hundred endoscopic extraperitoneal inguinal hernioplasties: cost containment by reusable instruments. *Chin Med J (Engl).* 2002; 115 (6): 888-891.
90. Meissner M, Lichtnegger S, Gibson S, Saunders R. Evaluating the waste prevention potential of a multi-versus single-use surgical stapler. *Risk Manag Healthc Policy.* 2021; 14: 3911-3921.
91. Park KY, Russell JL, Wilke NP, Marka NA, Nichol PF. Reducing cost and waste in pediatric laparoscopic procedures. *J Pediatr Surg.* 2021; 56 (1): 66-70.
92. Fengler TW, Pahlke H, Bisson S, Kraas E. The clinical suitability of laparoscopic instrumentation: A prospective clinical study of function and hygiene. *Surg Endosc.* 2000; 14 (4): 388-394.
93. Weiss A, Hollandsworth HM, Alseidi A, Scovel L, French C, Derrick EL, et al. Environmentalism in surgical practice. *Curr Probl Surg.* 2016; 53 (4): 165-205.
94. Rizan C, Bhutta MF. Environmental impact and life cycle financial cost of hybrid (reusable/single-use) instruments versus single-use equivalents in laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc.* 2022; 36 (6): 4067-4078.
95. Sorensen BL, Wenzel H. Life cycle assessment of alternative bedpans – a case of comparing disposable and reusable devices. *J Clean Prod.* 2014; 83: 70-79.
96. Rodriguez Morris MI, Hicks A. Life cycle assessment of stainless-steel reusable speculums versus disposable acrylic speculums in a university clinic setting: a case study. *Environ Res Commun.* 2022; 4 (2): 025002.
97. Meissner M, Hafermann J, Silas U, Saunders R. Evaluating the environmental impact of single-use and multi-use surgical staplers with staple line buttressing in laparoscopic bariatric surgery. *Risk Manag Healthc Policy.* 2023; 16: 1423-1433.
98. Krishnan R, MacNeil SD, Malvankar-Mehta MS. Comparing sutures versus staples for skin closure after orthopaedic surgery: systematic review and meta-analysis. *BMJ Open.* 2016; 6 (1): e009257.
99. Guía para la compra sostenible de guantes [Internet]. Salud sin Daño. Disponible en: <https://lac.saludsindanio.org/media/4524/download?inline=1>
100. Saab Y, Oueis E, Mehanna S, Nakad Z, Stephan R, Khnayzer RS. Risk assessment of phthalates and their metabolites in hospitalized patients: a focus on di- and mono-(2-ethylhexyl) phthalates exposure from intravenous plastic bags. *Toxics.* 2022; 10 (7): 357.
101. National Toxicology Program (NTP). 15th Report on Carcinogens [Internet]. 111 TW Alexander Dr, Durham, NC 27709: National Institute of Environmental Health Sciences; [cited 2025 Jul 7]. Available in: <https://ntp.niehs.nih.gov/go/roc15>
102. Dorota Napierska. Non-Toxic Health Care: Alternatives to harzadous chemicals in medical devices: phthalates and bisphenol A [Internet]. HCWH Europe; 2019. Available in: https://europe.noaharm.org/sites/default/files/documents-files/6154/2019-12-03_HCWH_Non_Toxic_Healthcare_2_WEB.pdf
103. John Howse. DEHP minimization in intravenous administration sets-California and Hawaii regions [Internet]. Kaiser Permanente; 2008 [Cited 2025 Jul 7] Available in: https://practicegreenhealth.org/sites/default/files/upload-files/dehp_min_iv_admin_sets_11.08.pdf
104. Health Care Without Harm. Reducing PVC and DEHP in medical products. Sustainable procurement quick guide [Internet]. [Cited 2025 Aug 5]. Available in: <https://global.noaharm.org/media/4440/download?inline=1>
105. Fundación Valle del Lili. iFVL pionera a nivel mundial en la reducción de plásticos en el sector salud! [Internet]. Fundación Valle del Lili. 2023. Available in: <https://valleddellili.org/fvl-pionera-a-nivel-mundial-en-la-reduccion-de-plasticos-en-el-sector-salud/>
106. Loff S, Kabs F, Witt K, Sartoris J, Mandl B, Niessen KH, et al. Polyvinylchloride infusion lines expose infants to large amounts of toxic plasticizers. *J Pediatr Surg.* 2000; 35 (12): 1775-1781.
107. Mallow EB, Fox MA. Phthalates and critically ill neonates: device-related exposures and non-endocrine toxic risks. *J Perinatol.* 2014; 34 (12): 892-897.

108. Wowkonowicz P, Kijenska M. Phthalate release in leachate from municipal landfills of central Poland. *PloS One.* 2017; 12 (3): e0174986.
109. Kaplan S, Sadler B, Little K, Franz C, Orris P. Can sustainable hospitals help bend the health care cost curve? *Issue Brief (Commonw Fund).* 2012; 29: 1-14.
110. Vacharathit V, Walsh RM, Utech J, Asfaw SH. Action in healthcare sustainability is a surgical imperative: this is a novel way to do it. *J Surg Educ.* 2022; 79 (2): 275-258.
111. Bolten A, Krings DS, Spijkerman IJB, Sperna Weiland NH. The carbon footprint of the operating room related to infection prevention measures: a scoping review. *J Hosp Infect.* 2022; 128: 64-73.
112. Traversari AAL, Bottenheft C, Van Heumen SPM, Goedhart CA, Vos MC. Effect of switching off unidirectional downflow systems of operating theaters during prolonged inactivity on the period before the operating theater can safely be used. *Am J Infect Control.* 2017; 45 (2): 139-144.
113. Dettenkofer M, Scherrer M, Hoch V, Glaser H, Schwarzer G, Zentner J, et al. Shutting down operating theater ventilation when the theater is not in use: infection control and environmental aspects. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2003; 24 (8): 596-600.
114. Cleanrooms and associated controlled environments – Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration [Internet]. 2015 [Cited 2025 Jul 7]. Available in: <https://www.iso.org/obp/ui/en/iso:std:53394:en>
115. Lee ST, Liang CC, Chien TY, Wu FJ, Fan KC, Wan GH. Effect of ventilation rate on air cleanliness and energy consumption in operation rooms at rest. *Environ Monit Assess.* 2018; 190 (3): 178. Available in: <http://link.springer.com/10.1007/s10661-018-6556-z>
116. Healthcare Plastics Recycling Council Copyright© HPRC 2016. Chicago Regional Demonstration Project Report Presented by HPRC and PLASTICS [Internet]. December 2016 [cited 2025 Aug 5]. Available in: <https://www.hprc.org/wp-content/uploads/2022/07/HPRC-PLASTICS-Chicago-Project-Final-Report.pdf>
117. Bae JH, Ravinal L, Barth E, Yanda M, Bae DS, Arato G, et al. The “6th R” of sustainability: repurposing operating room waste for community benefit. *Am J Surg.* 2024; 238: 115930.
118. Stanford University. Stanford-Brazil partnership upcycles hospital textiles and empowers communities [Internet]. In focus: environmental venture projects. [Cited 2025 Jul 7]. Available in: <https://woods.stanford.edu/news/tanford-brazil-partnership-upcycles-hospital-textiles-and-empowers-communities>
119. Paz C, Peluffo D, Cardoso R, Krause H, Gil C. Informe “Hospitales que curan el planeta” [Internet]. Salud sin Daño; 2023 [Cited 2025 Jul 7]. Available in: https://hospitalesporlasaludambiental.org/sites/default/files/2023-12/SSD%202023_FINAL_WEB.pdf
120. Nansai K, Fry J, Malik A, Takayanagi W, Kondo N. Carbon footprint of Japanese health care services from 2011 to 2015. *Resour Conserv Recycl.* 2020; 152: 104525.
121. Sauro KM, Smith C, Ibadin S, Thomas A, Ganshorn H, Bakunda L, et al. Enhanced recovery after surgery guidelines and hospital length of stay, readmission, complications, and mortality: a meta-analysis of randomized clinical trials. *JAMA Netw Open.* 2024; 7 (6): e2417310.
122. Liu VX, Rosas E, Hwang J, Cain E, Foss-Durant A, Clopp M, et al. Enhanced recovery after surgery program implementation in 2 surgical populations in an integrated health care delivery system. *JAMA Surg.* 2017; 152 (7): e171032.
123. Slim K, Veziant J, Enguix A, Zielekiewicz L. Environmental impact of the enhanced recovery pathway in colorectal surgery: a simulation study. *Colorectal Dis.* 2025; 27 (1): e17247.
124. Yap A, Wang K, Chen E, Melhado C, Ahmad T, O’Sullivan P, et al. A mixed-methods study on end-user perceptions of transitioning to reusable surgical gowns. *Surg Open Sci.* 2023; 11: 33-39.
125. Salud sin Daño. Ruta para la conformación del equipo de compras sostenibles en establecimientos de salud. [Internet]. [Citado 2025 Agosto 5]. Disponible en: <https://lac.saludsindanio.org/media/4626/download?inline=1>
126. Raihan N, Cogburn M. Stages of Change Theory. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 [Cited 2025 Aug 13]. Available in: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK556005/>
127. Alyafei A, Easton-Carr R. The health belief model of behavior change. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 [Cited 2025 Aug 13]. Available in: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK606120/>
128. Sant’Anna A, Vilhelsson A, Wolf A. Nudging healthcare professionals in clinical settings: a scoping review of the literature. *BMC Health Serv Res.* 2021; 21 (1): 543.

Correspondencia:**Itzé Aguirre-Olmedo****E-mail:** itze_aguirre@yahoo.com

Glosario

Bisfenol

Compuesto orgánico con dos grupos funcionales fenol, utilizado para obtener plásticos y resinas epoxi. Equivalente inglés: Bisphenol A (BPA).

Diccionario Español de Ingeniería. Real Academia de Ingeniería.

Equipos de absorción eficientes de gases de efecto invernadero, capturan dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera o de fuentes concentradas y lo almacenan y/o reutilizan, contribuyendo a la reducción del cambio climático.

AB Castillo Mestre - 2024 - Universitat Politècnica de Catalunya.

Equivalente de dióxido de carbono o CO₂-eq

Es una medida métrica utilizada para comparar las emisiones de varios gases de efecto invernadero sobre la base de su potencial de calentamiento global, convirtiendo las cantidades de otros gases en la cantidad equivalente de dióxido de carbono con el mismo potencial de calentamiento atmosférico.

Allwood JM, Bosetti V, Dubash NK, Gómez-Echeverri L y von Stechow C. 2014. Glosario. En: Cambio climático 2014: mitigación del cambio climático. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Edenhofer O, Pichs-Madruga R, Sokona Y, Farahani E, Kadner S, Seyboth K, eds.]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.

Ftalatos

Los **ftalatos** o **ésteres de ftalato** son un grupo de compuestos químicos principalmente empleados como plastificadores (sustancias añadidas a los plásticos para incrementar su flexibilidad). Uno de sus usos más comunes es la conversión del cloruro de polivinilo (PVC) de un plástico duro a otro flexible. [Accesado 26-08-2025] Disponible en: <https://www.quimica.es/temas>

Gases de efecto invernadero

Son gases presentes en la atmósfera que absorben y emiten radiación infrarroja, atrapando el calor y contribuyendo al calentamiento global. Estos gases pueden ser de origen natural o antropogénico, es decir, resultado de actividades humanas.

Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, IPCC, 2001. ONU.

Lixiviados

Son líquidos tóxicos y de mal olor que se forman cuando el agua (de lluvia, aguas residuales, etcétera) percola y disuelve o arrastra componentes químicos y partículas de la basura acumulada en vertederos o basurales.

[Accesado 26-08-2025] Disponible en: ecologaverde.com

Potencial de Calentamiento Global

Potencial de calentamiento global (GWP Global Warming Potential): Índice basado en las propiedades radiativas de los gases de efecto invernadero (GEI), que mide el forzamiento radiativo obtenido de los impulsos de emisión en la atmósfera actual, de una unidad de masa de cierto GEI, integrado a lo largo de un plazo de tiempo dado, en comparación con el causado por dióxido de carbono (CO₂). Representa el efecto conjunto del diferente periodo de permanencia de esos gases en la atmósfera y de su eficacia relativa como causantes de forzamiento radiativo. El Protocolo de Kyoto está basado en el potencial de calentamiento global asociado a los impulsos de emisión en un periodo de 100 años.

Allwood JM, Bosetti V, Dubash NK, Gómez-Echeverri L y von Stechow C. 2014. Glosario. En: Cambio climático 2014: mitigación del cambio climático. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Edenhofer O, Pichs-Madruga R, Sokona Y, Farahani E, Kadner S, Seyboth K, eds.]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.

Sostenibilidad

Procesos humanos (sociales, educativos, culturales, económicos, etcétera) que en un ambiente de equidad y globalidad buscan el desarrollo y bienestar equitativo de las personas cuidando el medioambiente.

Fundación de Español Urgente (FundéuRAE).

Termoplástico

Adj. Quím. Dicho de material: que es moldeable por el calor y recobra su estado sólido al enfriarse.

Diccionario del Estudiante Real Academia Española.

Valoración del ciclo de vida (LCA por sus siglas en inglés Life Cycle Assessment)

Esta metodología determina el impacto ambiental de un producto tomando en cuenta todas las fases de su ciclo de vida: extracción del material, producción, uso y desecho. Es el método estandarizado para cuantificar el impacto ambiental de un producto incluyendo todos los estadios de su ciclo de vida.

Cohen ES, et al.³⁰