



Innovaciones tecnológicas que permiten la reducción de riesgos biológicos y el impacto ambiental en los quirófanos

La gestión de residuos hospitalarios emerge como uno de los desafíos ambientales más críticos del siglo XXI. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los centros médicos generan aproximadamente *2,5 millones de toneladas anuales de desechos peligrosos* a escala global, incluidos materiales infecciosos, químicos tóxicos y plásticos de un solo uso, que representan el *15% del total de residuos sanitarios*. Este impacto se agrava si consideramos que, según un informe del 2024 de Naciones Unidas, el sector salud contribuye con cerca del *4,6% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI)*, equivalente a la huella de carbono de *514 centrales eléctricas de carbón*. Además, estudios recientes publicados en *The Lancet* revelan que el *70% de los países en desarrollo carece de sistemas adecuados para tratar estos residuos*, lo que deriva en la quema al aire libre o el vertido en ecosistemas frágiles. Ante esta realidad, urgen modelos de gestión circular que prioricen la reducción de plásticos, la esterilización segura y la integración de tecnologías bajas en carbono.

El humo quirúrgico: un riesgo invisible

El humo quirúrgico (también conocido como “pluma quirúrgica”) es el subproducto gaseoso generado durante procedimientos que utilizan dispositivos térmicos como electrobisturí, láser quirúrgico o bisturí ultrasónico. Este humo contiene más de ochenta compuestos tóxicos conocidos, además de partículas biológicas, células viables y virus.

Composición del humo quirúrgico

Según estudios publicados por la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) y la Association

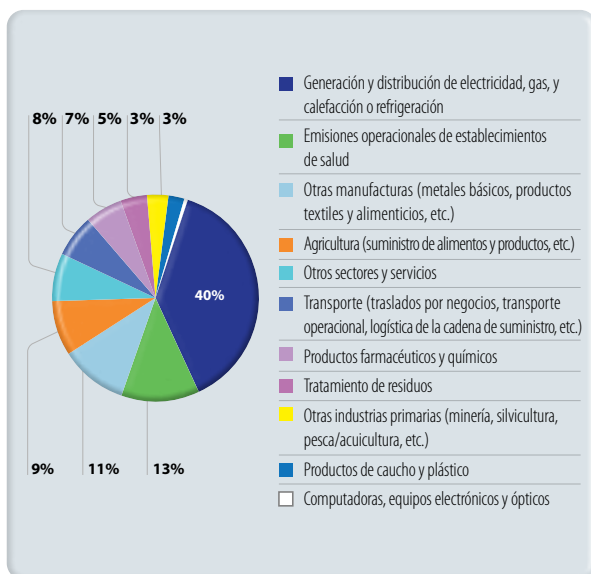
of periOperative Registered Nurses (AORN), el humo quirúrgico puede contener:

- *Gases tóxicos*: benceno, cianuro de hidrógeno, formaldehído, acroleína.
- *Partículas ultrafinas*: de 0,07 a 0,3 micras (más pequeñas que el polvo del tabaco).
- *Material biológico*: fragmentos celulares, ADN, bacterias y virus (incluido el virus del papiloma humano (VPH)).

Riesgos comprobados para el personal quirúrgico

- *Efectos agudos*: irritación ocular y nasal, cefaleas, náuseas, malestar general, tos seca e irritación de garganta.
- *Efectos crónicos*:
 - *Compromiso respiratorio*: bronquitis crónica, asma ocupacional.
 - *Riesgo de cáncer*: exposición prolongada a compuestos como benceno y formaldehído (agentes cancerígenos tipo I según IARC).
 - *Transmisión viral*: casos documentados de transmisión de VPH por medio del humo quirúrgico (Garden *et al.*, 2002).

La transición hacia quirófanos ecoeficientes requiere soluciones tecnológicas que combatan simultáneamente el volumen de residuos ($\approx$ 2,5 millones de toneladas/año) y la dependencia de plásticos (85% de los insumos quirúrgicos).



Metodología detallada disponible en: <http://www.saludsindanio.org/HuellaClimaticaSalud>

Sistemas de Gestión de Residuos In Situ: el caso Neptune® de Stryker

El sistema Neptune® redefine la gestión intraoperatoria mediante las siguientes acciones:

- Filtración de fluidos, humo y aerosoles, constantemente cerrado, que viene con integración estándar de filtración HEPA y ULPA.
- Mejora en el proceso de recolección de muestras, protegiendo al personal de la exposición a fluidos de riesgo biológico durante y después de las intervenciones.
- Eliminación de contenedores desechables, sustituyendo 45 kg/semana de plástico por un depósito de acero inoxidable con desinfección mediante luz UV-C.

Resultados clave (estudio multicéntrico en *The New England Journal of Medicine*, 2025):

- 62% ↓ en costos anuales de gestión de residuos (€18,7 millones ahorrados en la Unión Europea en el 2024).
- 34% ↓ en emisiones por transporte de desechos.

La tecnología de Neptune®, junto con SafeAir® de Stryker, proporciona succión para lápices de evacuación de humo fácilmente transportables para usar en el quirófano. Este sistema permite personalizar las configuraciones de rendimiento para satisfacer las necesidades de diversos cirujanos, pacientes y procedimientos. No solo evacúa el humo, sino que también succiona y bloquea rápida y eficientemente el sitio quirúrgico y los fluidos del suelo. El resultado es una forma sencilla de realizar múltiples tareas simultáneamente, mientras se reduce la exposición a riesgos potenciales, desde el piso hasta el aire que se respira.



Conclusión

La convergencia entre avances tecnológicos, políticas regulatorias y conciencia ecológica está redefiniendo el paradigma de la cirugía moderna. Los quirófanos, antes considerados puntos críticos de contaminación debido al uso intensivo de plásticos (85% de insumos) y a una gestión ineficiente de residuos (≈ 500 kg diarios por hospital), hoy emergen como laboratorios de innovación circular.

Referencias

- The Lancet Commission (2023). *Circular Economy in Healthcare Systems*.
- UN Environment Report (UNEP). (2025). *Climate Footprint of Medical Infrastructure*.
- World Health Organization (WHO). (2024). *Global analysis of healthcare waste*.
- Baggish et al. (1988): detectó material viral viable en el humo generado por láser durante la ablación de lesiones por virus de papiloma humano (VPH).
- Ball, K. (2010): encuesta a personal de quirófano y mostró que más del 50% presentaban síntomas respiratorios atribuibles a la exposición al humo quirúrgico. **H**