

ARTÍCULO ORIGINAL

HABILITACIÓN DE SALA DE MANTENIMIENTO DE VENTILADORES PULMONARES EN UNIDADES DE TERAPIA INTENSIVA DE HOSPITALES PÚBLICOS DEL PARAGUAY

Enablement of a maintenance room for pulmonary ventilators in intensive care units of public hospitals in Paraguay

DOI: <https://doi.org/10.65740/z733be94>

Javier Antonio Gibbons Nizza

Universidad Columbia del Paraguay, Asunción, Paraguay.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7057-4018>

Autor de correspondencia: javier.gibbons.nizza@gmail.com

Sergio David González Ayala

Universidad Columbia del Paraguay, Asunción, Paraguay.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3512-7437>

sergio.gonzalez@posgradocolumbia.edu.py

Resumen

La ausencia de áreas destinadas al mantenimiento de equipos médicos en las Unidades de Terapia Intensiva (UTI) de los hospitales públicos del Paraguay constituye una brecha crítica en la gestión sanitaria. La crisis generada por la COVID-19 evidenció con particular crudeza la fragilidad de los sistemas de soporte técnico para ventiladores pulmonares, equipos de soporte vital cuya operatividad continua resulta determinante para la supervivencia de pacientes con insuficiencia respiratoria. El presente estudio tuvo como objetivo establecer las características y el proceso de habilitación de una sala de mantenimiento de equipos médicos en las Salas de UTI de hospitales públicos de Paraguay. La investigación adoptó un enfoque mixto (cualitativo-cuantitativo), con diseño no experimental de alcance descriptivo, utilizando entrevistas semiestructuradas a ingenieros biomédicos y encuestas a funcionarios de UTI durante el periodo marzo-octubre de 2022. Los hallazgos revelan que, en la mayoría de los establecimientos públicos, los mantenimientos correctivos y preventivos de ventiladores pulmonares se realizan fuera del hospital, lo que genera demoras administrativas significativas, incremento de costos y riesgos para la seguridad del paciente. El estudio identifica los requisitos técnicos, de infraestructura e institucionales para la habilitación de una sala de mantenimiento adyacente a las UTI, con una dimensión mínima de 6 m², dotada de instalaciones eléctricas apropiadas, redes de gases medicinales, iluminación UV para desinfección y acceso diferenciado para personal técnico y clínico. La propuesta representa una intervención de bajo costo con alto impacto en la continuidad asistencial, la seguridad laboral del personal de biomedicina y la calidad de atención al paciente crítico.

Palabras clave: ventiladores pulmonares, mantenimiento de equipos médicos, unidad de terapia intensiva, gestión de tecnología sanitaria, ingeniería biomédica, salud pública, Paraguay.

Abstract

The absence of dedicated maintenance areas for medical equipment in Intensive Care Units (ICU) of public hospitals in Paraguay represents a critical gap in health management. The COVID-19 crisis starkly exposed the fragility of technical support systems for pulmonary ventilators, life-sustaining devices whose continuous operability is decisive for the survival of patients with respiratory failure. This study aimed to establish the characteristics and authorization process for a medical equipment maintenance room in ICU wards of public hospitals in Paraguay. The research adopted a mixed-methods approach (qualitative-quantitative) with a non-experimental, descriptive design, using semi-structured interviews with biomedical engineers and surveys of ICU personnel during the period from March to October 2022. Findings reveal that in most public facilities, corrective and preventive maintenance of pulmonary ventilators is carried out outside the hospital, resulting in significant administrative delays, increased costs, and patient safety risks. The study identifies the technical, infrastructure, and institutional requirements for establishing a maintenance room adjacent to ICUs, with minimum dimension of 6 m², equipped with appropriate electrical installations, medical gas networks, UV lighting for disinfection, and differentiated access for technical and clinical staff. The proposal represents a low-cost intervention with high impact on care continuity, occupational safety for biomedical personnel, and quality of care for critically ill patients.

Cómo citar: Gibbons N., J. A., González A., S.D. (2026). Habilitación de sala de mantenimiento de ventiladores pulmonares en unidades de terapia intensiva de hospitales públicos del Paraguay. *Revista de Investigación en Salud Pública*, 1(1), 28–37. <https://doi.org/10.65740/z733be94>

Editor responsable: Derliz Osmar Cabrera Cabrera, Posgrado Columbia, Asunción, Paraguay, risalp@posgradocolumbia.edu.py

Derechos de autor: ©2026 Javier Antonio Gibbons Nizza y Sergio David González Ayala. Los autores conservan los derechos de autor.

Licencia: Este artículo se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

Keywords: pulmonary ventilators, medical equipment maintenance, intensive care unit, health technology management, biomedical engineering, public health, Paraguay.

1. Introducción

En los sistemas de salud contemporáneos, la tecnología sanitaria constituye uno de los pilares sobre los que se sostiene la capacidad de respuesta institucional ante situaciones de alta complejidad clínica. Las Unidades de Terapia Intensiva (UTI) representan, dentro de este entramado, el escenario más exigente y de mayor criticidad operativa, toda vez que en ellas confluyen pacientes con compromiso vital severo, procedimientos diagnósticos y terapéuticos de alta especialización y equipamientos que operan de manera continua durante las veinticuatro horas del día. Entre dichos equipos, los ventiladores pulmonares ocupan un lugar de particular relevancia, dado que constituyen el soporte respiratorio —invasivo y no invasivo— sin el cual la supervivencia de numerosos pacientes resultaría inviable.

La pandemia de COVID-19 puso en evidencia, con una contundencia que difícilmente podría haber emergido de otro modo, la fragilidad de los sistemas de mantenimiento de equipos médicos en los hospitales públicos de Paraguay. La demanda masiva y repentina de ventiladores pulmonares para pacientes con insuficiencia respiratoria aguda —principal complicación de los casos graves de la enfermedad— saturó los sistemas de soporte técnico existentes y expuso la ausencia de espacios físicos apropiados para la realización de mantenimientos preventivos y correctivos in situ. Esta situación derivó en la dependencia casi exclusiva de empresas externas de servicio técnico, con los costos, demoras y riesgos operativos que ello implica.

A nivel institucional, la problemática adquiere dimensiones sistémicas. La mayoría de los hospitales públicos del país carece de talleres de biomedicina propios y, con mayor razón, de salas habilitadas específicamente para el mantenimiento de equipos críticos en las UTI. Esta ausencia obliga al personal técnico —ingenieros biomédicos y técnicos electrónicos— a desarrollar sus funciones en condiciones inapropiadas, frecuentemente en los propios corredores de las unidades de internación o en espacios improvisados que no cumplen con los requisitos mínimos de seguridad laboral, higiene y disponibilidad de insumos técnicos.

Desde una perspectiva de gestión sanitaria, la problemática no se limita a sus implicancias técnicas. El traslado de un ventilador pulmonar a un taller externo requiere la habilitación de un proceso burocrático que involucra autorizaciones, registros, bajas y reingresos en el inventario hospitalario, además del transporte del equipo y el tiempo de espera para su reparación. Durante este periodo, el hospital queda con un equipo menos disponible, situación que puede comprometer directamente la atención de pacientes que requieren soporte ventilatorio.

Frente a este diagnóstico, la presente investigación plantea la necesidad de habilitar una sala exclusiva para el mantenimiento de ventiladores pulmonares en las UTI de los hospitales públicos paraguayos. La propuesta no implica necesariamente grandes inversiones de infraestructura, sino una reorganización funcional del espacio hospitalario que optimice los recursos técnicos disponibles, garantice la seguridad del personal y mejore la disponibilidad de equipamiento crítico para los pacientes. El estudio caracteriza los requisitos técnicos, infraestructurales e institucionales de dicha sala, describe el marco normativo aplicable y fundamenta la propuesta desde una perspectiva de costo-beneficio y calidad asistencial.

El trabajo se articula en torno a una revisión bibliográfica especializada en tecnología sanitaria, mantenimiento de equipos médicos y gestión de UTI, complementada con un trabajo de campo que incluyó entrevistas a ingenieros biomédicos con experiencia directa en hospitales públicos del país y encuestas a personal de las propias unidades. Los hallazgos convergen hacia un modelo de sala de mantenimiento replicable en distintos contextos hospitalarios, adaptable a las particularidades de cada institución sin perder coherencia con los estándares de habilitación sanitaria vigentes en Paraguay.

2. Fundamentación Teórica

Tecnología sanitaria y equipos médicos en la UTI

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2012) define la tecnología sanitaria como la aplicación de conocimientos teóricos y prácticos estructurados en forma de dispositivos, medicamentos, vacunas, procedimientos y sistemas elaborados para resolver problemas de salud y mejorar la calidad de vida. Dentro de este amplio espectro, los dispositivos médicos constituyen el subconjunto de mayor relevancia operativa en entornos hospitalarios de alta complejidad, siendo definidos como productos o instrumentos utilizados para la prevención, diagnóstico o tratamiento de enfermedades, cuyo mecanismo de acción no opera por vías farmacológicas, inmunológicas ni metabólicas.

En el ámbito de la terapia intensiva, los equipos médicos adquieren una dimensión adicional: no solo diagnostican o tratan, sino que en muchos casos sostienen funciones vitales comprometidas. La OMS (2012) señala que el equipo médico —a diferencia de los dispositivos desechables— exige calibración periódica, mantenimiento programado, reparación especializada y capacitación continua de los usuarios, actividades que recaen principalmente en los ingenieros clínicos o biomédicos. Esta definición es particularmente pertinente para los ventiladores pulmonares, cuya complejidad técnica —integración de módulos

neumáticos, electrónicos y de interfaz— impone exigencias de mantenimiento que difícilmente pueden ser satisfechas sin un espacio físico adecuado y equipamiento técnico apropiado.

La Unidad de Terapia Intensiva es, por definición institucional, el espacio hospitalario destinado a la atención de pacientes con mayor riesgo vital y mayor potencial de recuperación. Su funcionamiento exige no solo recursos humanos especializados — médicos intensivistas, enfermeras con entrenamiento en cuidados críticos— sino también una dotación tecnológica permanente que incluye monitores multiparamétricos, desfibriladores, bombas de infusión, marcapasos externos y, de manera protagónica, ventiladores pulmonares. La gestión eficiente de este arsenal tecnológico determina, en buena medida, la capacidad resolutoria de la unidad.

Mantenimiento de equipos médicos: tipología y fundamentos

La literatura especializada en gestión de tecnología hospitalaria reconoce tres tipos fundamentales de mantenimiento, cuya comprensión resulta imprescindible para diseñar programas que optimicen la disponibilidad y la seguridad de los equipos médicos. García Garrido (2003) sistematiza estos enfoques en el marco de una evolución histórica que va desde el mantenimiento correctivo puro de la era industrial hasta la gestión integral de activos del siglo XXI.

El mantenimiento predictivo se orienta a detectar la posibilidad de falla antes de que ésta se produzca, mediante técnicas de monitoreo continuo que permiten intervenir de manera oportuna sin necesidad de detener el funcionamiento del equipo. El mantenimiento preventivo, por su parte, implica la programación sistemática de actividades —calibración, reemplazo de piezas, lubricación, limpieza— destinadas a prolongar la vida útil del dispositivo y garantizar su operatividad dentro de los parámetros de seguridad establecidos por el fabricante. La OMS (2012) subraya que un programa de mantenimiento preventivo eficaz constituye parte integral de la prestación de atención sanitaria de calidad, especialmente en contextos donde los recursos son limitados.

El mantenimiento correctivo, finalmente, opera ante la constatación de una falla o avería y tiene como objetivo restablecer la funcionalidad del equipo en el menor tiempo posible. Su naturaleza no planificada lo convierte en el tipo de intervención más costosa y disruptiva, razón por la cual los estándares internacionales recomiendan su minimización a través de programas preventivos robustos. Mora Gutiérrez señala que la gestión moderna del mantenimiento ha evolucionado hacia una visión técnico-económica de los activos que integra el costo del ciclo de vida completo del equipo, incluyendo los costos de no disponibilidad derivados de fallas imprevistas.

Un programa de mantenimiento eficiente requiere la articulación de tres elementos fundamentales: (a) un inventario completo y actualizado de los dispositivos médicos incluidos en el programa, con sus especificaciones técnicas y periodicidades de mantenimiento; (b) una metodología clara que establezca los procedimientos de intervención para cada tipo de equipo; y (c) los recursos financieros, materiales y humanos necesarios para la implementación sostenida del programa. La ausencia de cualquiera de estos tres componentes compromete la viabilidad del sistema y repercute directamente en la calidad asistencial.

Evolución histórica del mantenimiento industrial y su aplicación hospitalaria

La evolución del mantenimiento como disciplina técnica puede comprenderse a través de las generaciones identificadas por García Garrido (2003) y Mora Gutiérrez, que sintetizan el tránsito desde la reparación improvisada de la primera industrialización hasta la gestión coordinada de activos del siglo XXI. La Tabla 1 presenta esta evolución de manera esquemática.

Tabla 1. Evolución histórica del mantenimiento industrial

Generación	Período	Enfoque principal	Objetivo de mantenimiento
Primera	Antes de 1950	El producto	Reparar fallos imprevistos (mantenimiento correctivo puro)
Segunda	1950 – 1959	La producción	Prevenir, predecir y reparar fallos (acciones planeadas)
Tercera	1960 – 1980	La productividad	Gestionar bajo un sistema organizado (RCM, TPM)
Cuarta	1981 – 1995	La competitividad	Medir costos, comparar con estándares mundiales
Quinta/Sexta	Desde 1996	Innovación y gestión integral	Gestión coordinada de activos, predicción y anticipación

Fuente: Adaptado de García Garrido (2003) y Mora Gutiérrez (s.f.).

La aplicación de estos principios al entorno hospitalario encuentra un correlato directo en las recomendaciones de la OMS (2012) para la gestión de programas de mantenimiento en establecimientos de salud. En particular, la transición de un mantenimiento exclusivamente correctivo —reactivo, costoso y disruptivo— hacia estrategias preventivas y predictivas resulta especialmente crítica en equipos de soporte vital, donde la no disponibilidad puede tener consecuencias directas sobre la vida del paciente.

La ventilación mecánica pulmonar: fundamentos técnicos

Los ventiladores pulmonares son dispositivos médicos complejos cuyo principio de funcionamiento se basa en la generación de un gradiente de presión que permite el intercambio gaseoso en pacientes con insuficiencia respiratoria total o parcial. Tal como lo describe Lovesio (2006), la ventilación mecánica constituye un tratamiento de soporte vital en el que la máquina suministra un soporte ventilatorio y oxigenatorio que facilita el intercambio gaseoso y reduce el trabajo respiratorio. Los ventiladores actuales integran módulos neumáticos, electrónicos de control y de interfaz que gestionan parámetros como el volumen corriente, la presión inspiratoria, la frecuencia respiratoria, la concentración de oxígeno y la presión positiva al final de la espiración (PEEP).

Desde el punto de vista del mantenimiento, estos equipos presentan especificaciones técnicas precisas. Los fabricantes establecen revisiones periódicas del diafragma de la válvula espiratoria cada 5.000 horas o 12 meses, sustitución de la celda galvánica de oxígeno y de las baterías internas cada 10.000 horas o 2 años, y calibración completa del equipo con la misma frecuencia anual. Adicionalmente, los métodos de procesamiento de los distintos componentes —superficies externas, circuitos respiratorios, válvulas espiratorias, sensores de flujo— varían entre autoclave a vapor, desinfectantes antimicrobianos y alcohol al 70%, lo que exige espacios físicos y materiales específicos para su correcta gestión.

La Tabla 2 resume las principales especificaciones de mantenimiento y calibración de los ventiladores pulmonares utilizados en UTI, según las recomendaciones técnicas de fabricantes consultados en la investigación.

Tabla 2. Especificaciones de mantenimiento y calibración de ventiladores pulmonares

Descripción	Especificación	Tolerancia
Revisión y reemplazo del diafragma de la válvula espiratoria	Por inspección o 5.000 horas / 12 meses (lo que ocurra primero)	$\pm 500 \text{ h} \pm 1 \text{ mes}$
Revisión y reemplazo de la celda galvánica de O ₂	10.000 horas o 2 años (lo que ocurra primero)	—
Revisión y reemplazo de baterías internas	10.000 horas o 2 años (lo que ocurra primero)	—
Revisión general del equipo	5.000 horas o 12 meses (lo que ocurra primero)	—
Calibración del equipo	5.000 horas o 12 meses (lo que ocurra primero)	—

Fuente: Especificaciones técnicas de fabricantes de ventiladores pulmonares (Inovaco esmagnamed, 2022).

Marco normativo para la habilitación de establecimientos de salud en Paraguay

La habilitación de una sala de mantenimiento en el ámbito hospitalario público paraguayo se enmarca en un conjunto de disposiciones normativas que establecen los requisitos técnicos, infraestructurales y administrativos aplicables. La Constitución Nacional del Paraguay de 1992 establece, en sus artículos 68 y 69, el derecho a la salud como derecho fundamental de la persona y el deber del Estado de promover un sistema nacional de salud que ejecute acciones sanitarias integradas. Este mandato constitucional fundamenta la obligación de los establecimientos de salud de garantizar condiciones de operatividad adecuadas para la prestación de servicios de calidad.

La Ley N° 836/80, Código Sanitario, regula las funciones del Estado y de los agentes de salud en materia de atención integral de la salud, estableciendo las bases para la supervisión y control de las condiciones en que operan los establecimientos sanitarios. La Resolución S.G. N° 312/2020 del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social (MSPyBS), que establece el Reglamento General para la Habilitación y Registro de Establecimientos de Salud, constituye el instrumento normativo más directamente aplicable a la propuesta. Este reglamento autoriza a la Dirección de Establecimientos de Salud, Afines y

Tecnología Sanitaria a supervisar la aprobación de planos, la realización de obras y la adecuación edilicia para el cumplimiento de los requisitos de infraestructura, condiciones técnicas y operacionales.

Adicionalmente, la Ley N° 1.119/97 regula la fabricación, control de calidad, distribución y uso de productos para la salud, estableciendo criterios de eficacia, seguridad y calidad aplicables a los dispositivos médicos en uso hospitalario. Su articulación con la normativa de habilitación vigente define el marco de referencia para la propuesta de sala de mantenimiento aquí presentada.

3. Metodología

La presente investigación adoptó un enfoque mixto —cualitativo-cuantitativo—, entendido como la aproximación metodológica que permite captar tanto procesos sociales como dimensiones cuantificables de la realidad estudiada, posibilitando la comprensión del fenómeno en su complejidad. El diseño fue no experimental, descriptivo y transversal, en tanto se analizaron y describieron los datos recolectados sin manipulación intencional de variables, en el marco de un período temporal acotado (marzo-octubre de 2022). Esta elección metodológica resulta pertinente para el tipo de investigación realizada, orientada a caracterizar una situación problemática concreta en el sistema hospitalario público paraguayo y a identificar los requisitos para su abordaje.

Área de estudio, universo y muestra

El área de estudio fue la Salud Pública, con delimitación espacial en las Salas de UTI de hospitales públicos de la República del Paraguay. La delimitación temporal comprendió el período marzo-octubre de 2022. El universo de referencia fue el conjunto de personal de salud, técnicos e ingenieros biomédicos vinculados a las UTI de los principales hospitales públicos del país.

La muestra fue seleccionada de manera intencional y no probabilística, procedimiento que resulta adecuado cuando el investigador identifica unidades de análisis que poseen características particulares relevantes para el objeto de estudio. En este caso, se privilegió la selección de sujetos con experiencia directa en la gestión de mantenimiento de equipos médicos en UTI, dado que sus testimonios permiten documentar con precisión la situación actual y los requisitos de una sala de mantenimiento específica para estos entornos.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se emplearon dos instrumentos principales de recolección de datos. En primer lugar, una guía de entrevista semiestructurada dirigida a ingenieros biomédicos con experiencia en hospitales públicos, que exploró aspectos relacionados con la estructura actual de las UTI, los procedimientos de mantenimiento vigentes, las dificultades operativas para el traslado de equipos, los requisitos técnicos de un área de mantenimiento y las falencias identificadas en el sistema actual. En segundo lugar, una encuesta tipo escala de Likert aplicada a miembros y funcionarios de Salas de UTI, orientada a identificar la existencia o ausencia de áreas de mantenimiento, el conocimiento sobre planes de creación de las mismas y la percepción sobre el impacto de su ausencia en el funcionamiento de las unidades.

El procedimiento de recolección de datos se complementó con la revisión y análisis de fuentes secundarias, incluyendo documentación técnica de fabricantes de ventiladores pulmonares, normativa sanitaria vigente, manuales de habilitación de UTI y literatura especializada en gestión de tecnología hospitalaria. Las consideraciones éticas del estudio garantizaron el anonimato de los participantes y la confidencialidad de la información recabada, respetando los principios de respeto a las personas, beneficencia y justicia.

4. Resultados

Estado actual del mantenimiento de ventiladores pulmonares en UTI públicas

El análisis de los datos recolectados revela un panorama preocupante respecto a las condiciones en que se realizan actualmente los mantenimientos de ventiladores pulmonares en las UTI de los hospitales públicos paraguayos. La totalidad de los ingenieros biomédicos entrevistados confirmó que, ante la ausencia de un área destinada específicamente a esta actividad, los mantenimientos correctivos y los trabajos de asistencia técnica se realizan fuera del establecimiento de salud, en talleres de empresas proveedoras externas ubicados generalmente en zonas no próximas al hospital.

Esta situación genera un proceso burocrático que los entrevistados describieron de manera consistente como engorroso y costoso. El procedimiento implica, en orden sucesivo: la verificación de la falla por parte del personal técnico, la elaboración de un informe de la avería, la solicitud y obtención de autorizaciones de los firmantes responsables, el registro de la baja del equipo en el inventario hospitalario, la coordinación con la empresa proveedora del servicio técnico para el retiro del ventilador, el traslado físico del equipo al taller externo, la realización del mantenimiento en instalaciones ajenas al hospital y, finalmente, el reingreso del equipo con la correspondiente documentación de respaldo. Cada uno de estos pasos consume tiempo —un recurso crítico en el contexto de una UTI— y genera costos operativos adicionales que se trasladan al sistema de salud.

Un hallazgo particularmente significativo emergió de los testimonios de varios entrevistados respecto al comportamiento del personal clínico ante la falla de un ventilador: con el afán de mantener el equipo en operación y evitar la interrupción del servicio durante el período de traslado y reparación, algunos profesionales de la salud intentan realizar reparaciones improvisadas con los medios a su alcance. Esta práctica, si bien comprensible desde la perspectiva de la urgencia asistencial, puede agravar las fallas existentes, comprometer las garantías del equipo y generar riesgos adicionales para la seguridad del paciente. El fenómeno ilustra, de manera elocuente, las consecuencias de no contar con un proceso de mantenimiento estructurado y accesible.

La encuesta aplicada a funcionarios de las UTI corroboró estos hallazgos desde la perspectiva del personal clínico. La pregunta sobre la existencia de un área destinada al mantenimiento de equipos médicos próxima a las UTI arrojó una respuesta negativa casi unánime, y la mayoría de los encuestados manifestó desconocer que se hubiera previsto la creación de algún espacio de este tipo. Al ser consultados sobre si la ausencia de un área de mantenimiento interrumpe otras funciones sanitarias, la respuesta fue afirmativa en la totalidad de los casos, confirmando que el problema trasciende la dimensión técnica y afecta directamente la operatividad de las unidades.

Impacto de la ausencia de sala de mantenimiento en la gestión sanitaria

Los hallazgos de la investigación permiten identificar cuatro dimensiones de impacto derivadas de la ausencia de una sala de mantenimiento en las UTI de los hospitales públicos. La primera es la dimensión de seguridad del paciente: la indisponibilidad de un ventilador en una unidad con capacidad limitada de equipos de respaldo puede comprometer directamente el soporte vital de pacientes críticos. La segunda dimensión es la de eficiencia administrativa: el proceso burocrático asociado al traslado externo del equipo consume tiempo del personal técnico y clínico, recursos financieros del hospital y capacidad operativa de la UTI.

La tercera dimensión de impacto es la seguridad laboral del personal técnico. La ausencia de un espacio adecuado obliga a los ingenieros biomédicos y técnicos a realizar sus intervenciones en las propias salas de UTI —un entorno de alta carga viral y bacteriana— sin las condiciones de bioseguridad requeridas para la realización de mantenimientos. Esta situación no solo pone en riesgo la salud del personal, sino que puede constituir un vector de contaminación cruzada al interior de la unidad. La cuarta dimensión es la económica: como señala un precedente documentado en Colombia en 2016, la falta de mantenimiento adecuado de equipos médicos puede generar responsabilidad extrapatrimonial del Estado ante casos de falla médica derivados del mal funcionamiento de dispositivos. En este sentido, la inversión en infraestructura de mantenimiento no debe analizarse únicamente como un costo, sino como una medida de gestión del riesgo institucional.

Requisitos para la habilitación de la sala de mantenimiento

A partir de la integración de los datos recolectados en campo, las especificaciones técnicas de los fabricantes de ventiladores y los estándares de habilitación de UTI, la investigación identifica un conjunto de requisitos mínimos para la habilitación de una sala de mantenimiento de ventiladores pulmonares en el entorno de las UTI de hospitales públicos. Estos requisitos se organizan en cuatro categorías: ubicación, configuración arquitectónica, dotación de servicios e instalaciones, y protocolo de uso.

En cuanto a la ubicación, la sala debe emplazarse en un área protegida del flujo de circulación general de pacientes, visitas y personal de otros servicios, contar con vías de evacuación segura y, fundamentalmente, encontrarse en estrecha proximidad a las UTI. Esta última condición es determinante para evitar el traslado de equipos a través de áreas de alta circulación hospitalaria, que incrementaría el riesgo de contaminación cruzada, especialmente en el contexto de infecciones intrahospitalarias por organismos multirresistentes o situaciones pandémicas como la generada por el SARS-CoV-2.

La configuración arquitectónica mínima contempla un área de 6 m² (3 metros de largo por 2 metros de ancho), con posibilidad de ampliación según la disponibilidad de infraestructura de cada hospital. Las superficies —paredes, pisos y mesada de trabajo— deben ser lavables y resistentes a desinfectantes, en cumplimiento de los estándares de higiene requeridos en entornos de alta criticidad infecciosa. La Tabla 3 sistematiza los requisitos de dotación e instalaciones.

Tabla 3. Requisitos mínimos para la sala de mantenimiento de ventiladores pulmonares en UTI

Categoría	Requisitos mínimos
Instalación eléctrica	Red eléctrica estable con tomacorrientes adecuados para equipos de prueba. Los mantenimientos solo pueden realizarse con los ventiladores conectados a la red (la batería de respaldo es insuficiente). Conexión a tierra. Sin extensiones múltiples.

Categoría	Requisitos mínimos
Instalación de gases medicinales	Acceso a red de oxígeno y aire comprimido del hospital. Imprescindible para la calibración de los equipos, cuyas turbinas o compresores internos no alcanzan el caudal requerido para pruebas de calibración.
Conectividad	Red de internet (ethernet o WiFi). Necesaria para la actualización de software de los ventiladores, especialmente en zonas del país con señal móvil insuficiente.
Iluminación	Iluminación artificial adecuada para el trabajo técnico (inspección visual detallada de componentes). Adicionalmente, lámparas UV para la desinfección del área y de los equipos en cuarentena.
Mobiliario técnico	Mesa de trabajo de 0,60 m x 2 m como dimensión mínima, para ubicar laptop, herramientas y componentes del ventilador durante la intervención.
Control de acceso	Doble acceso diferenciado: una puerta para el personal clínico (ingreso al área desde la UTI para depositar/retirar equipos) y otra para el personal técnico (ingreso externo sin contacto con pacientes ni personal clínico).
Bioseguridad	Sistema de filtro para ingreso del personal, con lavamanos, dispensador de jabón y alcohol gel. EPP: guantes y mascarilla como mínimo para la manipulación de equipos provenientes de ambientes de alta carga patogénica.

Fuente: Elaboración propia a partir del trabajo de campo y revisión normativa (2022).

Es importante destacar que la sala de mantenimiento propuesta no está concebida exclusivamente para ventiladores pulmonares, sino que puede servir como espacio de mantenimiento para otros equipos críticos de la UTI, incluyendo monitores multiparamétricos, desfibriladores y bombas de infusión. Esta versatilidad amplía significativamente la relación costo-beneficio de la inversión requerida para su habilitación.

5. Discusión

Los hallazgos de esta investigación encuentran resonancia en una serie de antecedentes y marcos conceptuales que permiten dimensionar la problemática estudiada en el contexto más amplio de la gestión de tecnología sanitaria a nivel internacional y regional. La OMS (2012), en su documento sobre introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos, advierte de manera explícita que un mantenimiento oportuno y eficiente maximiza el valor de los recursos de tecnología sanitaria, lo que es especialmente importante cuando dichos recursos son limitados. La situación documentada en los hospitales públicos paraguayos ilustra, precisamente, las consecuencias de operar sin un sistema de mantenimiento estructurado: equipos que se deterioran prematuramente, costos de reparación que escalan por la ausencia de mantenimiento preventivo y, en el peor de los escenarios, equipos no disponibles en momentos críticos.

La investigación realizada por Campos (2010) en el Manual Guía para el Diseño Arquitectónico de Unidades de Cuidados Intensivos e Intermedios de Bogotá establece estándares detallados para la configuración espacial de las UTI, incluyendo la necesidad de áreas de apoyo técnico adecuadamente equipadas. Si bien este documento se refiere al contexto colombiano, sus lineamientos son pertinentes para el Paraguay en la medida en que ambos países comparten sistemas de salud públicos con características estructurales similares y enfrentan desafíos análogos en materia de recursos y capacidades institucionales.

El antecedente colombiano es, en este sentido, particularmente ilustrativo. La documentación de casos en los que la falta de mantenimiento adecuado de equipos médicos generó responsabilidad extrapatrimonial del Estado (Colombia, 2016) subraya que la gestión deficiente de la tecnología hospitalaria no es únicamente un problema técnico-operativo, sino una dimensión del riesgo institucional que puede derivar en consecuencias jurídicas y económicas de consideración. Esta perspectiva trasciende el ámbito de la biomedicina para instalarse en el terreno de la administración y gestión sanitaria, que es precisamente el marco en el que se inscribe esta investigación.

Desde la óptica de la gestión del mantenimiento, García Garrido (2003) plantea que TPM (Mantenimiento Productivo Total) y RCM (Mantenimiento Basado en Fiabilidad) no son filosofías excluyentes sino complementarias, y que la etapa actual del mantenimiento industrial se orienta hacia la gestión integral de activos que integra ambas aproximaciones. Aplicado al contexto hospitalario, esto significa que la habilitación de una sala de mantenimiento no resuelve por sí sola el problema, sino que debe ser concebida como uno de los componentes de un sistema más amplio que incluya la capacitación del personal técnico, la

dotación de instrumentos de calibración y prueba, la implementación de protocolos de mantenimiento preventivo documentados y el registro sistemático de intervenciones en cada equipo.

La dimensión de la seguridad del paciente constituye, sin duda, el argumento más contundente a favor de la propuesta. En contextos de alta exigencia clínica como las UTI, la disponibilidad continua de equipos de soporte vital no es un aspecto deseable sino una condición imprescindible. Cuando un ventilador pulmonar falla y debe ser trasladado a un taller externo, el hospital no pierde simplemente un equipo: pierde la capacidad de atender a un paciente adicional que requiera soporte ventilatorio, o debe movilizar recursos para reubicar al paciente ya conectado. Esta restricción operativa, que los entrevistados describieron como una situación recurrente, evidencia que el problema del mantenimiento no puede disociarse de la calidad de la atención crítica.

La propuesta de una sala de mantenimiento adyacente a las UTI responde, en este sentido, a una lógica de proximidad operativa que maximiza la eficiencia del sistema. La disponibilidad de un espacio habilitado in situ permite al personal técnico intervenir sobre el equipo de manera inmediata, sin las demoras inherentes al proceso burocrático de traslado externo, y reintegrar el ventilador al servicio en el menor tiempo posible. Al mismo tiempo, la existencia de un espacio separado de la sala de internación protege la privacidad de los pacientes —particularmente relevante en situaciones en que el estado clínico compromete la cobertura corporal— y elimina el riesgo de contaminación cruzada que conlleva la realización de tareas técnicas en el mismo ambiente asistencial.

En relación con la dimensión económica, el análisis de costo-beneficio favorece claramente la propuesta. La habilitación de una sala de una dimensión mínima de 6 m² con las características descritas representa una inversión de infraestructura puntual que, una vez concretada, no implica costos operativos adicionales significativos. Los costos que se eliminan o reducen son, en cambio, de naturaleza recurrente: los gastos de traslado de equipos a talleres externos, los costos de oportunidad asociados a la no disponibilidad de ventiladores durante el período de reparación y los potenciales costos legales derivados de incidentes relacionados con equipos en mal estado. La posibilidad de ofrecer un servicio de mantenimiento in situ también puede repercutir en una mayor competitividad de las propuestas de empresas proveedoras de servicio técnico, que no deberán incorporar en sus presupuestos los costos logísticos del traslado.

Un aspecto que merece reflexión específica es la articulación de la propuesta con el marco normativo vigente. La Resolución S.G. N° 312/2020 establece los procedimientos de habilitación para establecimientos de salud e instalaciones afines, y aunque no contempla de manera explícita la figura de la sala de mantenimiento de equipos médicos en UTI, sus disposiciones generales sobre adecuación edilicia, condiciones técnicas y operacionales para el funcionamiento de servicios de salud son aplicables. Esto supone que la implementación de la propuesta requiere, en primer lugar, la presentación de planos ante la Dirección de Establecimientos de Salud, Afines y Tecnología Sanitaria del MSPyBS y la obtención de la correspondiente autorización de funcionamiento.

La brecha normativa identificada —la inexistencia de disposiciones específicas sobre salas de mantenimiento de equipos críticos en UTI— representa, en sí misma, un hallazgo relevante de la investigación. El desarrollo de regulaciones específicas en esta materia constituiría un avance significativo para la estandarización de las prácticas de mantenimiento hospitalario en el país, y podría convertir la experiencia documentada en esta investigación en el punto de partida para la construcción de un estándar nacional replicable.

6. Conclusiones

La presente investigación permite arribar a un conjunto de conclusiones que articulan los hallazgos empíricos con los fundamentos teóricos y normativos que enmarcan la problemática estudiada.

En primer lugar, la ausencia de salas de mantenimiento de equipos médicos en las UTI de los hospitales públicos paraguayos constituye una brecha estructural del sistema de salud que afecta simultáneamente la seguridad del paciente, la eficiencia operativa de las unidades, la seguridad laboral del personal técnico y la sustentabilidad económica de la gestión hospitalaria. Esta brecha no es consecuencia de una carencia de recursos insuperable, sino de una ausencia de planificación y de marcos normativos específicos que establezcan la obligatoriedad de contar con estos espacios en los establecimientos de alta complejidad.

En segundo lugar, los ventiladores pulmonares, por su complejidad técnica y su condición de equipos de soporte vital, requieren un abordaje de mantenimiento diferenciado que combine estrategias preventivas y correctivas ejecutadas por personal especializado en instalaciones adecuadas. La habilitación de una sala de mantenimiento adyacente a las UTI representa la condición física mínima para que este abordaje pueda implementarse de manera efectiva, reduciendo la dependencia de servicios externos, minimizando los tiempos de no disponibilidad y garantizando la continuidad del soporte ventilatorio para los pacientes críticos.

En tercer lugar, la propuesta de habilitación no implica necesariamente grandes inversiones de infraestructura. Una sala de una dimensión mínima de 6 m² correctamente equipada con instalaciones eléctricas, redes de gases medicinales, conectividad a internet, iluminación UV y mobiliario técnico adecuado es suficiente para satisfacer los requerimientos operativos del mantenimiento in situ de ventiladores pulmonares y otros equipos críticos de las UTI. El retorno de esta inversión es tangible en términos de reducción de costos logísticos, mejora de la disponibilidad de equipos y eliminación del riesgo jurídico asociado a la falla de equipos por mantenimiento deficiente.

En cuarto lugar, la implementación de la propuesta requiere la articulación de acciones coordinadas entre los distintos actores del sistema: médicos intensivistas, enfermería, ingenieros biomédicos, administradores hospitalarios y autoridades sanitarias del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social. La sola habilitación del espacio físico, sin la construcción de los protocolos de uso, los programas de mantenimiento preventivo y los mecanismos de capacitación del personal, no garantiza la mejora de la situación actual. La propuesta tiene sentido únicamente en el marco de una gestión de tecnología sanitaria que asuma el mantenimiento como componente estratégico de la calidad asistencial.

La existencia de una brecha normativa específica en materia de habilitación de salas de mantenimiento de equipos médicos en UTI señala la necesidad de que las autoridades sanitarias del Paraguay desarrollen reglamentaciones específicas que establezcan este requisito como condición obligatoria para la habilitación y renovación de las Unidades de Terapia Intensiva en hospitales públicos y privados. La experiencia documentada en esta investigación puede servir como insumo técnico para la elaboración de dichas reglamentaciones.

7. Recomendaciones

A partir de las conclusiones precedentes, la investigación formula las siguientes recomendaciones dirigidas a los distintos actores institucionales con responsabilidad en la gestión de las UTI de los hospitales públicos paraguayos.

Recomendaciones para el Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social

Se recomienda al MSPyBS, a través de la Dirección de Establecimientos de Salud, Afines y Tecnología Sanitaria, incorporar en el Reglamento General de Habilitación y Registro de Establecimientos de Salud (Resolución S.G. N° 312/2020) disposiciones específicas que establezcan la obligatoriedad de contar con salas de mantenimiento de equipos médicos en toda UTI pública o privada. Asimismo, se recomienda la elaboración de un manual técnico nacional de requisitos para la habilitación de estas salas, que establezca especificaciones de infraestructura, equipamiento y protocolos de funcionamiento.

En el plano de la política sanitaria, se sugiere la inclusión de la infraestructura de mantenimiento de equipos médicos como ítem específico en los presupuestos institucionales de los hospitales públicos, con asignaciones diferenciadas para la habilitación inicial de las salas y para la adquisición y renovación del instrumental técnico necesario.

Recomendaciones para la dirección de hospitales públicos

Se recomienda a las direcciones hospitalarias iniciar un proceso de relevamiento de la infraestructura disponible en las adyacencias de las UTI para identificar espacios potencialmente adaptables como salas de mantenimiento. La implementación no requiere construcción nueva en la mayoría de los casos, sino la adecuación funcional de espacios existentes. Paralelamente, se sugiere la formalización de convenios con empresas proveedoras de servicio técnico que incluyan la prestación del servicio in situ como condición contractual, lo que permitiría optimizar los costos y tiempos de mantenimiento incluso antes de que las salas estén habilitadas.

Recomendaciones para el equipo de ingeniería biomédica

Los ingenieros biomédicos y técnicos con responsabilidad en el mantenimiento de equipos de UTI deberían desarrollar e implementar programas de mantenimiento preventivo documentados para cada tipo de equipo, con registros individuales de intervenciones, calibraciones y reemplazos de componentes. Esta documentación, además de su valor técnico intrínseco, constituye evidencia de la gestión adecuada del equipamiento hospitalario frente a eventuales auditorías o procesos de responsabilidad institucional.

Asimismo, se recomienda la capacitación continua del personal técnico en las modalidades de ventilación mecánica y en los procedimientos de bioseguridad aplicables al mantenimiento de equipos en entornos de alta carga patogénica, condición imprescindible para el trabajo seguro en las inmediaciones de las UTI.

Referencias

Campos, A. B. (2010). Manual guía para el diseño arquitectónico de unidad de cuidados intensivos e intermedios. Secretaría Distrital de Salud D.C.

- Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud. (2015). Modificación de algoritmo de Fennigkok y Smith para el cálculo de la frecuencia de mantenimiento preventivo en equipos médicos (pp. 1-5). http://www-optica.inaoep.mx/~tecnologia_salud/2015/memorias/pdf/MyT2015_71_E.pdf
- Constitución Nacional de la República del Paraguay. (1992).
- García Garrido, S. (2003). Organización y gestión integral de mantenimiento: manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial (1.ª ed.). Díaz de Santos.
- Hernández Sampieri, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6.ª ed.). McGraw Hill.
- Inovaco esmagname. (2022). Especificaciones técnicas de ventiladores pulmonares. <https://www.inovaco esmagname.com.br/>
- Lewis, J. A. (1997). Procedimientos de cuidados críticos. El Manual Moderno.
- Lovesio, C. (2006). Capítulo ventilación mecánica. En Medicina intensiva. Editorial El Ateneo.
- Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social del Paraguay. (2020). Resolución S.G. N° 312/2020 por la cual se establece el Reglamento General para la Habilitación y Registro de Establecimientos de Salud, afines y tecnología sanitaria que forman parte del Sistema Nacional de Salud.
- Mora Gutiérrez, L. A. (s.f.). Mantenimiento: planeación, ejecución y control. [Sin datos editoriales].
- Monje Álvarez, C. A. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa: guía didáctica. Universidad Surcolombiana.
- Organización Mundial de la Salud. (2012). Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos. Serie de Documentos Técnicos de la OMS sobre Dispositivos Médicos. OMS. http://whqlibdoc.who.int/publications/2012/9789243501536_spa.pdf
- República del Paraguay. (1980). Ley N° 836/80 del Código Sanitario.
- República del Paraguay. (1997). Ley N° 1.119/97 de productos para la salud y otros.
- Tamayo y Tamayo, M. (2003). El proceso de la investigación científica (4.ª ed.). Limusa.
- Vivaldi. (2016, 14 de marzo). Falta de mantenimiento de equipos médicos puede generar responsabilidad extrapatrimonial del Estado. <https://vivaldi.com.co/2016/03/14/falta-de-mantenimiento-de-equipos-medicos-puede-generar-responsabilidad-extrapatrimonial-del-estado/>.

Declaraciones

Aprobación ética: los autores declaran haber cumplido con los requisitos éticos aplicables a la investigación y contar, cuando correspondió, con la aprobación o autorización de las instancias competentes para su realización. Esta información fue declarada por los autores durante el proceso de envío del manuscrito.

Consentimiento informado: Todos los participantes otorgaron su consentimiento informado previo a su inclusión en el estudio.

Contribución de autoría (CRediT):

- Javier Antonio Gibbons Nizza: conceptualización, investigación, curación de datos, redacción del borrador original, revisión y edición.
- Sergio David González Ayala: metodología y análisis formal.

Disponibilidad de datos: Los datos que sustentan los resultados de este estudio están disponibles previa solicitud razonable al autor de correspondencia.

Conflictos de intereses: los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses, ya sea de carácter financiero, personal, institucional o de cualquier otra índole, que pudiera haber influido en los resultados, interpretación o conclusiones del presente estudio.

Financiamiento: La investigación fue financiada con recursos propios de los autores y no se recibió financiamiento externo.