



HOSPITAL DE CLÍNICAS  
Dr. Manuel Quintela

SEMANA ACADÉMICA 2020

# VENTILADORES MECÁNICOS EN DESUSO RESCATADOS PARA URUGUAY

MORALES I.<sup>1,2</sup>, VENTURINO H.<sup>1</sup>, CAMPO E.<sup>1</sup>, PÉREZ N.<sup>2</sup>, SIRINO N.<sup>1</sup>, REZK G.<sup>1</sup>, CARMONA K.<sup>1</sup>, DÍAZ C.<sup>1</sup>, LOPEZ J.<sup>3</sup>, OREGGIONI J.<sup>2</sup>, SIMINI F.<sup>1,2</sup>

1 Núcleo de Ingeniería Biomédica, Facultades de Medicina e Ingeniería, 2 Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería 3 Fundación Julio Ricaldoni, Universidad de la República - Uruguay



Universidad de la República  
Uruguay  
nib  
núcleo de ingeniería biomédica



Fundación  
Julio Ricaldoni  
FUNDACIÓN JULIO RICARDONI  
FUNDACIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



Facultad de Ingeniería  
ie

## INTRODUCCIÓN

La Universidad de la República adopta en marzo 2020 medidas para enfrentar la pandemia de COVID – 19 simultáneamente a la declaración de la Organización Mundial de la Salud. Considerando la previsible falta de ventiladores mecánicos (VM) para atender a los pacientes como sucedía en otros países, un equipo de investigadores y profesionales de la Facultad de Ingeniería se dispuso a buscar alternativas para enfrentar la temida carencia de instrumentos.

El Grupo de Rescate y Reparación de Ventiladores para Uruguay (RV) es un grupo de voluntarios que nuclea docentes, estudiantes e investigadores de Facultad de Ingeniería y el Núcleo de Ingeniería Biomédica (NIB), así como profesionales independientes con experiencia en el diagnóstico y reparación de ventiladores mecánicos y personas que se han sumado a esta tarea grupal. El objetivo del RV es identificar VM en desuso, evaluarlos y realizar acciones para volverlos operativos. El conjunto de VM rescatados y devueltos a sus instituciones de origen constituyen un apoyo para la capacidad asistencial en medicina intensiva del país.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En relación con uno de los primeros problemas detectados –la insuficiencia de VM en el sistema sanitario nacional– el RV diseñó una estrategia de rescate y reparación de equipos de ventilación mecánica en desuso. Se basó en 4 etapas:

1. Capacitación y coordinación de trabajo teórico – práctico entre especialistas, docentes y voluntarios
2. Detección y obtención de los equipos en desuso con el potencial de ser acondicionados para su uso de emergencia (Tabla 1.).
3. Recuperación y puesta en marcha, promoviendo la cotización por parte de empresas que cuenten con la habilitación MSP de mantenimiento. Si hubiere cotización, estaría a cargo de las instituciones dueñas de los equipos. En caso de que no exista ninguna empresa habilitada, el grupo RV repara o acondiciona los VM en base al conocimiento docente, técnico profesional en ingeniería biomédica y en particular acerca de la instrumentación de mecánica ventilatoria. Esta opción, sin fines de lucro está justificada por la emergencia sanitaria.
4. Entrega a las instituciones bajo estrictos protocolos y procedimientos de calidad. Esta tarea de rescate y reparación de VM es acompañada por las instituciones de salud que evalúan su uso exclusivamente para el caso de una emergencia sanitaria.

## RESULTADOS

Los resultados de la Figura 1 ayudaron para tomar la decisión de iniciar el trabajo con los VM más numerosos: 15% de Puritan Bennett 7200, 10% de Siemens 900C y actualmente, 8% - 6% Hamilton Medical Amadeus y Veolar. Para la recuperación se usaron diferentes insumos como partes de ventiladores desguazados, diseño y reconstrucción de pieza o partes específica por impresión 3D (Figura 5). Caso contrario, (por ejemplo, mangueras, celdas de oxígeno, etc.) se gestionó su compra.

La Figura 2 muestra el resultado del trabajo del grupo de marzo a setiembre 2020. Ingresaron 24 VM al taller de RV de los cuales, 13 fueron reparados, 6 se encuentran en proceso de recuperación y pruebas según protocolo, 3 están en lista de espera y 2 se destinaron para desguace. Ocho de los equipos reparados pertenecen al Hospital de Clínicas y dos al NIB. Es decir, en total el HC contará con 8 VM supernumerarios para ser usados en caso de emergencia (Figura 3).

## RESULTADOS

Tabla 1. Universo de ventiladores mecánicos en desuso en Uruguay 2020

Marca	Modelo	Año	Cantidad
SIEMENS	900C	1980	7
SIEMENS	300	2000	2
PURITAN BENNETT	7200	1980	11
BEAR	1000	1993	2
HAMILTON MEDICAL	AMADEUS	1989	6
HAMILTON MEDICAL	VEOLAR	1989	4
HAMILTON MEDICAL	RAPHAEL	2002	4
INTERMED	Inter 7 PLUS	2011	4
MAQUET	Servo - S	2005	2
NARCOMATIC	Mini Vent	1985	1
MINDRAY	WATO Máq. Anes	1980	1
RESPIRONICS	BiPaP Vision	2000	1
Otros sin determinar marca y modelo			29
		Media pond.: 1990	Total: 74
CHENWEI	CWH 3010	2009	34
CHENWEI	CWH 303 - Máq. Anes	2009	2
		Media pond.: 2009	Total: 36
<b>TOTAL</b>			<b>110</b>

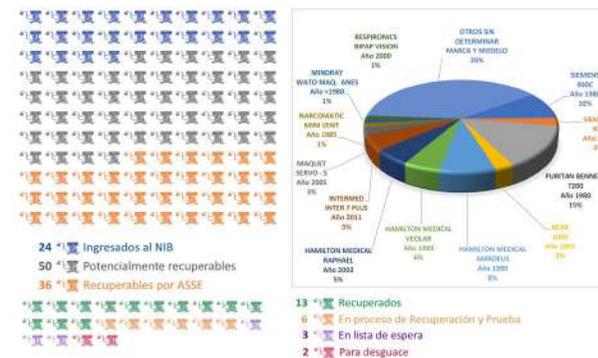


Figura 1. Universo de VM en desuso en Uruguay y su estado al 10/09/2020. Distribución de marcas, modelos y años de diseño.

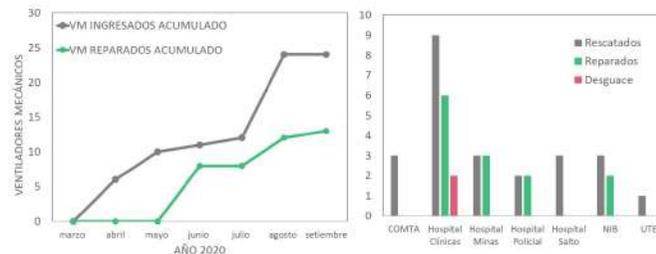


Figura 2. Ingresos y reparaciones de Ventiladores Mecánicos.

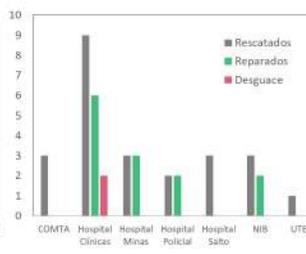


Figura 3. Ventiladores Mecánicos por Instituciones de salud.

Los restantes VM de las instituciones COMTA, Hospital de Minas, Hospital Policial, Hospital de Salto y UTEC serán también entregados al amparo de convenios con la Universidad que establece la excepcionalidad de la iniciativa adaptada a la emergencia sanitaria (Figura 4).



Figura 4. Puritan Bennett 7200 de Hospital de Clínicas y Hospital de Minas.

El protocolo diseñado para la verificación de los VM incluye medidas precisas con el TSI VM Tester, con un medidor de seguridad eléctrica Seagate, multímetros, osciloscopios y elementos de taller. Que respaldan la verificación de los valores normales de funcionamiento especificados en el manual de servicio y manual de operación de cada modelo y marca de VM.



Figura 5. Reconstrucción por impresión 3D de caja calefactora para Puritan Bennett 7200.

Por otro lado, a raíz del trabajo del grupo, el curso de Ingeniería Clínica del NIB (curso de grado/posgrado y actualización de la Facultad de Ingeniería) fue ampliado en temas relacionados a ventilación mecánica, su verificación y mantenimiento.

## CONCLUSIONES

La Universidad incorpora y desarrolla nuevos conocimientos y habilidades para la docencia e investigación del área de ingeniería biomédica.

La experiencia acumulada y el instrumental disponible servirán para sentar las bases de un futuro laboratorio de certificación de VMs, primero en el país. Gracias a la donación de un tester de VMs, en etapas posteriores a setiembre 2020, el NIB contará con un instrumento de elevadas características para la calibración de equipos.

Un resultado no menor de este proyecto es el establecimiento y consolidación de un grupo de trabajo interdisciplinario sumamente motivado, versátil y eficiente en su desempeño que además, de la puesta en marcha de VMs, logra un ahorro significativo de divisas para el país que obtiene ventiladores sin adquirir ejemplares de fábrica.

Las tareas del grupo RV continuarán fortaleciendo las 4 etapas de trabajo con más voluntarios aportando resultados tangibles para el Uruguay.

## Agradecimientos:

Aporte a las tareas técnicas del grupo: Martín Angulo, Pedro Arzuaga, Fernando Borba, Matias Cabrera, Álvaro Farias, Álvaro González, Alberto Gutiérrez, Franco La Paz, Mario Pereira, Alejandro Prestes, Álvaro Ríos, Andrés Seré y Pedro Triaca.

Apoyo y aportes de concepto: Dr. Luciano Amerelle, Ing. Lucas Baldezzari, Dra. Andrea Barrios, Prof. Dr. Alberto Biestro, Tec. Angel Coimbra, Ing. Manuel Cuadra, Tec. Miguel De los Santos, Cra. Cécile Ferrère-Lamaison, Prof. Dr. Juan Carlos Grignola, Lic. Fernanda Guliak, Ing. Pablo Gutiérrez Barbado, Prof. Dr. Javier Hurtado, Dr. Leonel Malacrida, Dr. Iván Milovidov, Dr. Emilio Oribe, Prof. Dr. Rúa Jua, Ing. Valeria Sánchez e Ing. Daniel Thevenet.

Se agradecen las donaciones y fondos que se recibieron del Fondo COVID-19 de la Universidad de la República, Fondo de Dedicación Total de Docentes de la Facultad de Ingeniería, Hospital de Clínicas, Logitech. Se agradece especialmente la donación del Tester por #noscuridamosentretodos.

## Información de Contacto

Núcleo de Ingeniería Biomédica NIB - Hospital de Clínicas, piso 15 - Montevideo - Uruguay. tel: 2487 1515 int 4406 imorales@ing.edu.uy / rrvvm.uy@gmail.com