

## ARTÍCULO ORIGINAL

# Software para el análisis de datos en el Servicio de Cuidados Intensivos

Software for data analysis in the intensive care service

Marcos Díaz Bastida<sup>1\*</sup> , Armando Caballero López<sup>1</sup> , Armando Caballero Font<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Hospital Provincial Clínico Quirúrgico Universitario “Arnaldo Milián Castro”, Santa Clara, Villa Clara, Cuba

\*Marcos Díaz Bastida. [mdiazbastida@gmail.com](mailto:mdiazbastida@gmail.com)

Recibido: 23/06/2023 - Aprobado: 12/08/2023

## RESUMEN

**Introducción:** en la actualidad, cuando el empleo de la información y la tecnología es imprescindible para la toma de decisiones, los datos se han convertido en un recurso de mucho valor para impulsar el éxito de las entidades hospitalarias y mejorar la calidad de vida de las personas.

**Objetivo:** describir el software “Generador de conjuntos de datos dinámicos para el Servicio de Terapia Intensiva”.

**Métodos:** investigación de desarrollo tecnológico en el Servicio de Cuidados Intensivos del Hospital “Arnaldo Milián Castro” en el período de 2017 a 2022. La población definida fueron todos los Especialistas (12) de la Sala de Terapia Intensiva que utilizaron el sistema desde enero de 2017 a diciembre de 2022.

**Resultados:** permite recopilar datos clínicos de pacientes de la Sala de Terapia Intensiva y generar conjuntos de datos dinámicos para Especialistas en Cuidados Intensivos y en Análisis de datos.

**Conclusiones:** sistema en explotación desde el año 2017, los conjuntos de datos generados han sido utilizados para la aplicación de técnicas de aprendizaje automático, lo que ha potenciado la investigación médica y la toma de decisiones oportunas.

**Palabras clave:** diseño de software; análisis de datos; gestión de la Información en Salud; monitoreo fisiológico; inteligencia artificial; unidades de cuidados intensivos

## ABSTRACT

**Introduction:** at present, when the use of information and technology is essential for decision making, the data has become a resource of a lot of value to boost the success of hospital entities and improve the quality of life of the people.

**Objective:** describe the “Dynamic data set generator for intensive care service” software.

**Methods:** technological development research in the Intensive Care Service of the “Arnaldo Milián Castro” Hospital in the 2017 to 2022 period. The defined population were all the specialists (12) of the intensive therapy room that used the system since January of January 2017 to December 2022.

**Results:** it allows to collect clinical data of patients from the intensive therapy room and generate dynamic data sets for intensive care specialists and data analysis.

**Conclusions:** system in exploitation since 2017, the data sets generated have been used for the application of automatic learning techniques, which has enhanced medical research and timely decision making.

**Key words:** software design; data analysis; health information management; Intensive care service; monitoring, physiologic; artificial intelligence; intensive care units

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha presenciado un crecimiento en la generación y la recopilación de datos en prácticamente todos los sectores de la sociedad, lo que conlleva a un aumento en la demanda del análisis de datos y a la utilización de conjuntos de datos más grandes y complejos.

Esta tendencia se debe, principalmente, a los avances tecnológicos que han permitido una mayor capacidad de almacenamiento y procesamiento de datos y al reconocimiento del valor que los datos pueden aportar a las entidades y a la comunidad científica para el impulso de la investigación y el descubrimiento de nuevos conocimientos en diversas disciplinas.

El análisis de datos en los Servicios de Cuidados Intensivos desempeña un papel fundamental en la toma de decisiones clínicas, la monitorización de pacientes y la mejora de los resultados de la salud, y es esencial para optimizar los recursos disponibles en estas salas porque los datos recopilados pueden ayudar a evaluar la utilización de las camas, el tiempo de ventilación mecánica, la duración de la estancia y otros indicadores clave.

En la revisión bibliográfica llevada a cabo para realizar esta publicación se encontraron varias aplicaciones de software diseñadas para las Salas de Terapia Intensiva, pero no fue posible probarlas porque para adquirirlas era necesaria su compra fuera de Cuba. Algunas aportan análisis de datos dentro de sus funcionalidades: Vista 120,<sup>(1)</sup> Carescape R860,<sup>(2)</sup> IntelliVue MX800<sup>(3)</sup> y GE Healthcare;<sup>(4)</sup> sin embargo, si se pudo corroborar que la idea de desarrollar una aplicación que, como parte de su funcionalidad, y además de la recopilación de los datos clínicos de pacientes en las Salas de Terapia Intensiva, genere conjuntos de datos dinámicos para el análisis de datos, era factible porque en Cuba no hay evidencia de ninguna aplicación desarrollada para estos fines.

El objetivo de este trabajo es describir las posibilidades que brinda la aplicación "Generador de conjuntos de datos dinámicos para el Servicio de Cuidados Intensivos" para la recopilación de datos clínicos en las Salas de Terapia Intensiva, así como la generación de conjuntos de datos dinámicos para su empleo en la esfera investigativa y la toma de decisiones oportunas.

## MÉTODOS

Se desarrolló una investigación de desarrollo tecnológico en el Servicio de Cuidados Intensivos del Hospital Provincial Universitario Clínico Quirúrgico "Arnaldo Milián Castro" de la Ciudad de Santa Clara, Provincia de Villa Clara, en el período de 2017 a 2022.

La población estuvo definida por todos los Especialistas (12) de la Sala de Terapia Intensiva que utilizaron el software desde enero de 2017 a diciembre de 2022.

Se realizaron entrevistas no estructuradas a los trabajadores de la Sala de Terapia Intensiva sobre las necesidades del tratamiento y del análisis de los datos en los cuidados intensivos de la entidad.

Se emplearon los métodos teóricos, histórico-lógico, de inducción-deducción, de análisis sintético y sistemático en la estructura de la búsqueda, la organización y la presentación de la información bibliográfica necesaria para fundamentar los procedimientos del diseño de la propuesta tecnológica.

El desarrollo de la aplicación se realizó utilizando el lenguaje de programación PHP (Hypertext Preprocessor)<sup>(5)</sup> para la generación de contenidos dinámicos, el acceso a la base de datos, la manipulación de archivos, la autenticación y la seguridad, el HTML (Hyper Text Markup Language)<sup>(6)</sup> para generar todas las interfaces webs, la JQuery (Biblioteca multiplataforma de JavaScript)<sup>(7)</sup> para la implementación de toda la funcionalidad en la capa de vista y el MySQL (sistema de gestión de bases de datos relacional)<sup>(8)</sup> como sistema de gestión de la base de datos.

Fue empleada la valoración de expertos de la Especialidad de Medicina en Emergencia y Terapia Intensiva y la consulta de especialistas de la Cátedra de Matemáticas e Informática de la Universidad de Villa Clara y especialista en Bioestadística de la Unidad de Salud. Se tuvo en cuenta la estructura, pertinencia, factibilidad, utilidad y valor metodológico y científico, cuando se encontraron incongruencias se reajustó el software.

La investigación se realizó acorde a los principios éticos para las investigaciones médicas según la declaración del Helsinki aprobada por el Comité de Ética y el Académico de Terapia Intensiva y respaldado por el consentimiento informado a participar de los trabajadores del servicio.

## RESULTADOS

La aplicación está organizada en módulos:

1. Pacientes
2. Informes
3. Reportes estadísticos
4. Conjuntos de datos para la investigación médica
5. Configuración

Descripción de cada uno de los módulos que integran la aplicación.

### 1. Pacientes

El módulo Pacientes posibilita la adición y la modificación de los datos clínicos del paciente:

- Diagnósticos
- Tratamientos
- Gérmenes intrahospitalarios y extra hospitalarios adquiridos
- Infecciones intrahospitalarias y extra hospitalarias adquiridas
- Hallazgos anatómico patológicos
- Predicción de muerte
- Equipos de ventilación utilizados
- Modalidades de ventilado empleados
- Tiempos de ventilación aplicados (en horas)

- Fecha de ingreso
- Fecha de egreso
- Lugar de procedencia
- Lugar de destino
- Si ha fallecido
- Otros detalles de interés

Y los datos generales:

Nombre, Sexo, Edad, Raza, Historia clínica.

## 2. Informes

A través de este módulo los usuarios del sistema pueden realizar búsquedas personalizadas y específicas de pacientes por diferentes criterios clínicos, ya sea para su consulta, al utilizar el formato estructurado que la aplicación brinda, o para la exportación de ficheros de valores separados por comas (CSV), para su posterior análisis y procesamiento. Esto significa que los profesionales de la salud pueden buscar pacientes de Terapia Intensiva a partir de una variedad de criterios, con la intención de que tengan acceso, de manera rápida, a información relevante, y de que puedan hacer análisis comparativos, identificar patrones, evaluar la eficacia de los tratamientos y realizar un seguimiento y una monitorización de la evolución de pacientes a lo largo del tiempo (Figuras 1 y 2).

Entre la gran variedad de criterios que se pueden utilizar se encuentran:

- Rango edad
- Rango de fecha de ingreso y/o egreso (o ambos)
- Rango de estancia en la sala
- Diagnósticos médicos
- Tratamientos
- Equipos y modalidades de ventilación
- Infecciones
- Gérmenes

Con tiempo exacto de ventilación entre:

Desde:  Hasta:

Con modalidades de ventilado:

Usted puede seleccionar una o varias modalidades de ventilado.

Con diagnósticos médicos:

Usted puede seleccionar uno o varios diagnósticos médicos.

**Figura 1.** Fragmento de la sección para la selección diagnósticos, tratamientos, hallazgos anatómico patológicos, infecciones y gérmenes dentro de los criterios de búsqueda de la interfaz de informes

Autoflow: Modalidad de ventilación mecánica

Murió	Equipo de ventilación utilizado	Tiempo de ventilación utilizado	Modalidades de ventilación utilizadas	Categoría/Diagnóstico/Especificación	Tratamientos
NO	Evita-4	Más de 72 horas	VC -- PS/ASV	Sistema Cardiovascular/Neumonías y bronconeumonías/Neumonía nosocomial -- Politrauma/Trauma craneoencefálico severo/Contusión cerebral	Analgesia -- Dobutamina -- Manitol -- Fenitoina -- Esquema de sedación y analgesia con morfina y midazolam -- Colistina -- Trifamox
SÍ	Savina	< 24 Horas	VC	Sistema Cardiovascular/Neumonías y bronconeumonías/Neumonía grave de la comunidad -- Sistema Respiratorio/Asma bronquial/Status asmático -- Sistema Respiratorio/Insuficiencia respiratoria aguda con ventilación mecánica por/Status asmático -- Sepsis/Shock séptico/Infección respiratoria	Hidratación

**Figura 2.** Fragmento del resultado de una búsqueda de pacientes exportada a un fichero de valores separados por comas

VC: Capacidad vital; PS: Presión de soplido; ASV: Ventilación servo adaptativa

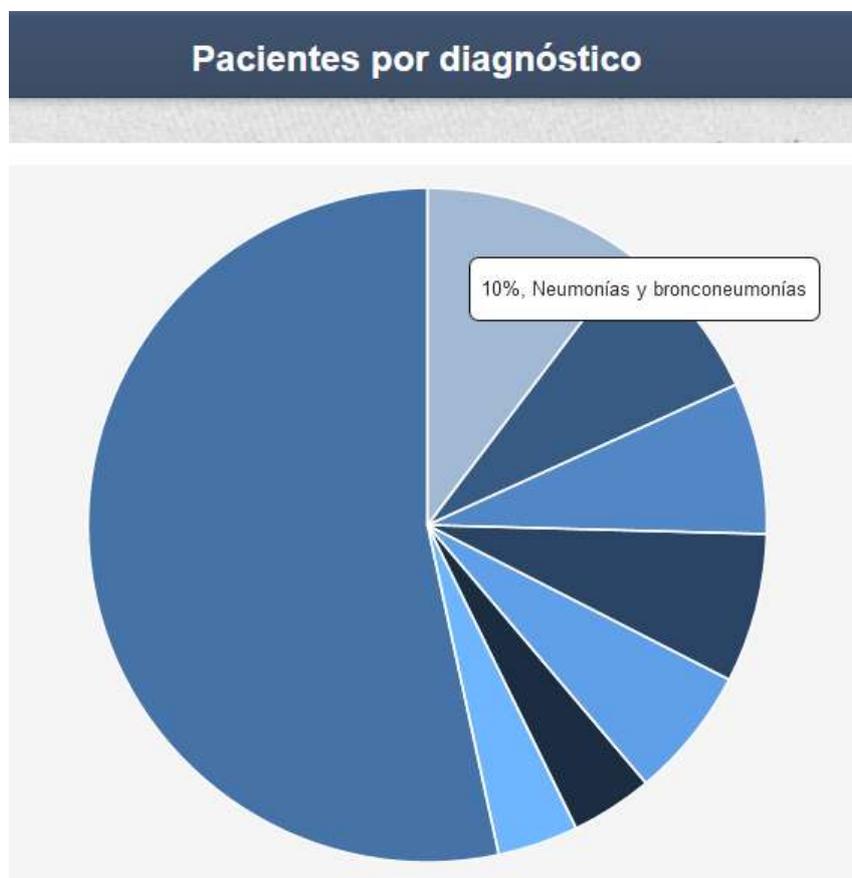
### 3. Reportes estadísticos

Este módulo permite mostrar un resumen visual a los Especialistas de Terapia Intensiva de los pacientes que han sido ingresados en la sala por diferentes criterios:

- Total de pacientes por raza
- Total de pacientes por sexo
- Total de pacientes por diagnóstico
- Total de pacientes por especificación de diagnóstico
- Total de pacientes por gérmenes
- Total de pacientes por infecciones
- Total de pacientes por tratamientos
- Pacientes fallecidos por raza
- Pacientes fallecidos por sexo
- Pacientes fallecidos por diagnóstico
- Pacientes fallecidos por especificación de diagnóstico
- Pacientes fallecidos por gérmenes
- Pacientes fallecidos por infecciones
- Pacientes fallecidos por tratamientos
- Estancia de pacientes por raza
- Estancia de pacientes por sexo
- Estancia de pacientes por diagnóstico
- Estancia de pacientes por especificación de diagnóstico
- Estancia de pacientes por gérmenes
- Estancia de pacientes por infecciones
- Estancia de pacientes por tratamientos

Estos resúmenes visuales permiten determinar, de manera rápida, aspectos que pueden ser comunes en los distintos criterios médicos que se deseen

evaluar, como por ejemplo, la obtención de los diagnósticos más frecuentes, la prevalencia de enfermedades y la comparación entre grupos de pacientes, aspectos que pueden ayudar a identificar diferencias significativas y a la generación de hipótesis para futuras investigaciones (Figura 3).



**Figura 3.** Fragmento del Informe estadístico de pacientes por diagnóstico

#### 4. Conjuntos de datos para la investigación médica

El módulo de Conjuntos de datos para la investigación médica es un generador dinámico de conjuntos de datos que, además de que permite obtener muestras significativas de conjuntos de pacientes de Terapia Intensiva que cumplan con ciertos criterios específicos, le permite al usuario determinar los atributos que deben componer la matriz de datos que genera, matriz que se le entrega al cliente en un fichero de valores separados por comas, con un pre procesado de los atributos categóricos seleccionados, que son convertidos en numéricos al utilizar el Método de codificación one-hot<sup>(9)</sup>, en el que cada categoría de cada atributo del tipo categórico seleccionado se convierte en un nuevo atributo de tipo binario en la matriz de datos y al que se le asigna el valor 0 o 1 en dependencia del valor asignado a la categoría para cada instancia.

Los conjuntos de datos que el sistema genera se encuentran listos para ser utilizados en el análisis estadístico y en la aplicación de técnicas estadísticas, para entrenar y evaluar modelos predictivos y de pronósticos, para la creación de visualizaciones que representen los resultados almacenados en el conjunto de datos y para la investigación científica en sentido general (Figuras 4, 5 y 6).

**Selección de Atributos:**

**Nota:** Por defecto se escogerán los atributos: "Edad", "Sexo", "Raza", "Estadía", "Equipo de Ventilación", "Tiempo de Ventilación", "Apache", "Delta Cloro", "Entidad" y "Murió" para ser mostrados en su matriz. El resto de los atributos los puede seleccionar usted mismo en las casillas de selección mostradas continuación.

Diagnósticos:  Neumonías y bronconeumonías  Politraumatizado  Trauma craneoencefálico severo

Médicos:  Usted puede seleccionar uno o varios diagnóstico médicos.

**Figura 4.** Fragmento de la sección para la selección de atributos que van a formar parte de un conjunto de datos en la interfaz de Conjuntos de datos para la investigación médica

Con infecciones:  Respiratoria  Urinaria

Usted puede seleccionar una o varias infecciones.

Con gérmenes:  Acyneiobacter  Streptococo Pneumoniae

Usted puede seleccionar uno o varios gérmenes.

**Figura 5.** Fragmento de la sección para la selección de criterios en la colección de pacientes de un conjunto de datos en la interfaz de Conjuntos de datos para la investigación médica

Raza	Estadía (en días)	Equipo de ventilación utilizado	Tiempo exacto de ventilación (en horas)	Neumonías y bronconeumonías	Politraumatizado	Trauma craneoencefálico severo	Respiratoria	Intarabdominal	Murió
2	24	6	73	1	0	0	1	0	1
2	51	4	73	0	0	0	1	0	0
2	24	6	73	0	0	0	1	0	0
2	8	4	73	1	0	0	1	0	1
2	21	1	73	1	0	0	1	0	0
2	11	6	73	1	0	0	1	0	1
3	10	4	1	1	0	0	1	0	0
2	15	4	73	0	0	0	1	1	1
2	45	4	73	1	0	0	1	0	1
2	11	6	73	1	0	1	1	0	0
2	30	6	73	1	0	0	1	0	1
2	17	4	73	0	0	0	1	0	0
2	42	1	73	0	0	0	1	0	0

**Figura 6.** Fragmento del conjunto de datos resultante de la selección de atributos y criterios de búsqueda de pacientes en el módulo de Conjuntos de datos para la investigación médica

## 5. Configuración

En este módulo se encuentran todas las opciones de configuración para el correcto funcionamiento del sistema:

- Cuentas de administración: en las que se administran todas las cuentas con acceso al sistema
- Clasificadores del sistema.

## DISCUSIÓN

Lo que diferencia el programa "Generador de conjuntos de datos dinámicos para el Servicio de Terapia Intensiva" de otros encontrados en la revisión bibliográfica<sup>(1,2,3,4)</sup> es que estos no tienen incluido, como parte de sus funcionalidades, un generador de conjuntos de datos dinámicos listo para ser utilizado como base de conocimiento por cualquiera de las técnicas de aprendizaje automático existentes, sino que utilizan los datos recopilados para generar información predictiva o alertas a los especialistas para la toma de decisiones oportunas.

A pesar de que existen repositorios disponibles en Internet con conjuntos de datos aportados por diferentes instituciones para su libre empleo fue solo en PhysioNet<sup>(10)</sup> donde se encontraron bases de datos que no estuvieran relacionadas con un diagnóstico específico, sino con la evolución del paciente como tal. PhysioNet<sup>(10)</sup> es una de las plataformas en línea más empleadas por los investigadores y profesionales de la salud que buscan acceder a conjuntos de datos médicos y herramientas de análisis para avanzar en la investigación científica y en el desarrollo de la atención médica.

Al utilizar esta colección de bases de datos se encontraron dos relacionadas directamente con la evolución de pacientes de terapia intensiva:

**MIMIC-III:** es una base de datos con más de 40 000 pacientes que permanecieron en Unidades de Cuidados Intensivos del Centro Médico Beth Israel Deaconess, de los Estados Unidos, entre los años 2001 y 2012. La base de datos incluye información como demografía, mediciones de signos vitales realizadas al lado de la cama, resultados de pruebas de laboratorio, procedimientos, medicamentos, notas del cuidador e informes de imágenes y mortalidad (incluido el alta posterior al hospital). La MIMIC admite una amplia gama de estudios analíticos que abarcan la epidemiología, la mejora de las reglas de decisión clínica y el desarrollo de herramientas electrónicas.<sup>(11)</sup>

Los investigadores deben solicitar formalmente el acceso a través de un proceso documentado en el sitio web de MIMIC. Hay dos pasos clave que se deben completar antes de que se conceda el acceso: el investigador debe completar un curso reconocido sobre la protección de los participantes en la investigación que incluye los requisitos de la Ley de Portabilidad y Responsabilidad del Seguro Médico (HIPAA) y debe firmar un acuerdo de utilización de datos que describe los estándares de seguridad y el uso de datos apropiados y prohíbe los esfuerzos para identificar pacientes individuales. La aprobación requiere al menos una semana. Una vez que se haya aprobado la solicitud, el investigador recibirá correos electrónicos con instrucciones para descargar la base de datos de PhysioNetWorks, un componente de acceso restringido de PhysioNet.<sup>(11)</sup>

**HiRID:** contiene una gran selección de todos los datos recopilados de forma rutinaria relacionados con las admisiones de pacientes al Departamento de Medicina de Cuidados Intensivos del Hospital Universitario de Berna, Suiza, una unidad interdisciplinaria de 60 camas que admite más de 6 500 pacientes por año. Inicialmente se extrajo para respaldar un estudio sobre la predicción temprana de insuficiencia circulatoria en la Unidad de Cuidados Intensivos; se utilizó el aprendizaje automático.<sup>(12)</sup>

Para acceder a este conjunto de datos se requiere de una cuenta “acreditada” en el sitio, así como completar una capacitación y la firma de un Acuerdo de uso de datos.<sup>(12)</sup>

## CONCLUSIONES

La aplicación construida permite recopilar y generar conjuntos de datos dinámicos, la información visual que ha potenciado la investigación científica y la toma de decisiones oportunas de los médicos especialistas en Cuidados Intensivos; es un conjunto de datos que han sido utilizados en la aplicación de técnicas de aprendizaje automático, lo que ha permitido descubrir patrones, tendencias, relaciones y correlaciones ocultas en los datos que el sistema aporta y se encuentra en explotación desde el mes de junio del año 2017.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dräger.com [Internet]. Alemania: Drägerwerk AG & Co.; 2023 [citado 02/09/2023]. Vista 120; [aprox. 3 pantallas]. Disponible en: [https://www.draeger.com/es\\_csa/Products/Vista-120](https://www.draeger.com/es_csa/Products/Vista-120)
2. GE HealthCare [Internet]. Chicago: GE HealthCare; 2023 [citado 02/09/2023]. Aspectos destacados del ventilador CARESCAPE R860; [aprox. 2 pantallas]. Disponible en: <https://www.gehealthcare.es/products/ventilators/carescape-r860>
3. PHILIPS [Internet]. Ámsterdam: Koninklijke Philips N.V.; 2004-2023 [citado 02/09/2023]. IntelliVue MX800 Monitor de paciente al lado de la cama; [aprox. 4 pantallas]. Disponible en: <https://www.philips.es/healthcare/product/HC865240/intellivue-mx800-bedside-patient-monitor>
4. GE HealthCare [Internet]. Chicago: GE HealthCare; 2023 [citado 02/09/2023]. Centricity™ High Acuity Critical Care; [aprox. 1 pantalla]. Disponible en: <https://www.gehealthcare.es/products/healthcare-digital/centricity-high-acuity-critical-care>
5. PHP.net [Internet]. The PHP Group; 2001-2023 [citado 02/09/2023]. ¿Qué es PHP?; [aprox. 2 pantallas]. Disponible en: <https://www.php.net/manual/es/intro-what-is.php>
6. W3Schools [Internet]. Sandnes, Noruega: W3schools; 1999-2023 [citado 02/09/2023]. HTML Tutorial; [aprox. 4 pantallas]. Disponible en: <https://www.w3schools.com/html/>
7. jQuery.com [Internet]. San Francisco: Open JS Foundation; 2023 [citado 02/09/2023]. What is jQuery?; [aprox. 1 pantalla]. Disponible en: <https://jquery.com/>
8. OpenWebinars.net [Internet]. Sevilla: OpenWebinars S.L.; 2023 [actualizado 24/09/2019; citado 02/09/2023]. Robledano A. Qué es MySQL: Características y ventajas; [aprox. 10 pantallas]. Disponible en: <https://openwebinars.net/blog/que-es-mysql/>
9. GeeksforGeeks.org [Internet]. Noida, India: GeeksforGeeks; 2023 [actualizado 18/04/2023; citado 02/09/2023]. One Hot Encoding in Machine Learning; [aprox. 9 pantallas]. Disponible en: <https://www.geeksforgeeks.org/ml-one-hot-encoding-of-datasets-in-python/>
10. PhysioNet [Internet]. Bethesda: PhysioNet; 2023 [actualizado 17/01/2019; citado 02/09/2023]. About PhysioNet; [aprox. 3 pantallas]. Disponible en: <https://archive.physionet.org/about.shtml>

11. PhysioNet [Internet]. Bethesda: PhysioNet; 2023 [actualizado 04/09/2016; citado 02/09/2023]. Johnson A, Pollard T, Mark R. MIMIC-III Clinical Database Version 1.4; [aprox. 10 pantallas]. Disponible en: <https://physionet.org/content/mimiciii/1.4/>
12. PhysioNet [Internet]. Bethesda: PhysioNet; 2023 [actualizado 18/02/2021; citado 02/09/2023]. Faltys M, Zimmermann M, Lyu X, Hüser M, Hyland S, Rättsch G, et al. HiRID, a high time-resolution ICU dataset Version 1.1.1; [aprox. 6 pantallas]. Disponible en: <https://www.physionet.org/content/hirid/1.1.1/>

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

MDB: conceptualización, curación de datos, investigación, metodología, administración del proyecto, recursos, software, supervisión, visualización, redacción del borrador original, redacción (revisión y edición).

ACL: conceptualización, validación, redacción (revisión y edición).

ACF: validación, redacción (revisión y edición).