



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO**

**“COMPARACIÓN DE DOWNTIME Y FUN/BUN  
PARA EVALUACIÓN DE LA MONITORIZACIÓN  
DE LA RESPUESTA A LA TERAPIA DE  
REEMPLAZO RENAL CONTINUA EN  
PACIENTES CRÍTICAMENTE ENFERMOS”.**

**TESIS**

PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN  
MEDICINA

MEDICINA CRÍTICA

PRESENTA:

**RICARDO RODRÍGUEZ VILLANUEVA**



TUTOR-DIRECTOR DE TESIS Y/O  
ASESOR(ES) PRINCIPAL(ES)  
**DRA. JESSICA GARDUÑO LÓPEZ**

CIUDAD DE MÉXICO, 2023



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

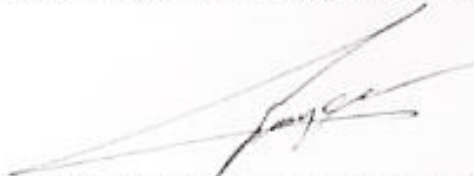
**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**"COMPARACIÓN DE DOWNTIME Y FUN/BUN PARA EVALUACIÓN DE LA MONITORIZACIÓN DE LA RESPUESTA A LA TERAPIA DE REEMPLAZO RENAL CONTINUA EN PACIENTES CRÍTICAMENTE ENFERMOS".**

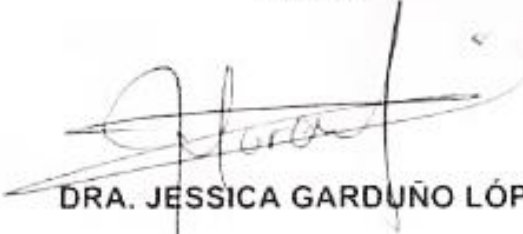
Número de registro de tesis: HJM 077 22-R



**RICARDO RODRÍGUEZ VILLANUEVA**

---


Tesista



**DRA. JESSICA GARDUÑO LÓPEZ**

---

Director De Tesis



**DRA. ERIKA GÓMEZ ZAMORA**

---

Subdirectora De Enseñanza



**DR. ERIK EFRAÍN SOSA DURÁN**

---

Jefe De Posgrado

## Índice

Hoja de Recolección de firmas.....	1
Índice.....	2
Carta de aceptación protocolo de tesis.....	3
Antecedentes.....	4
Planteamiento del problema.....	14
Pregunta de investigación.....	15
Justificación.....	16
Hipótesis.....	17
Objetivos.....	18
Metodología.....	19
Variables.....	21
Procedimiento.....	27
Análisis estadístico .....	28
Aspectos éticos.....	29
Aspectos de bioseguridad.....	30
Recursos .....	30
Resultados .....	31
Discusión.....	35
Conclusiones.....	38
Bibliografía.....	39
Anexos.....	43

## **“Comparación de Downtime y FUN/BUN para evaluación de la monitorización de la respuesta a la terapia de reemplazo renal continua en pacientes críticamente enfermos”.**

### **Antecedentes.**

La lesión renal aguda se define como la disminución abrupta de la función del riñón, basándose en la tasa de filtrado glomerular o en el gasto urinario, clasificando su severidad de acuerdo con estos<sup>1</sup>. Es una entidad común en los pacientes críticamente enfermos, con una importante morbimortalidad, la cual es mayor de acuerdo con su severidad<sup>23</sup>.

### **Abordaje de la lesión renal aguda.**

Para un adecuado manejo de la lesión renal aguda se tiene que realizar una evaluación integral ya que se puede generar por diferentes motivos dentro de los cuales encontramos alteraciones hemodinámicas (choque / hipovolemia) que condicionan disminución en el flujo sanguíneo renal, pueden originarse por patologías obstructivas como lo son la litiasis, compresión extrínseca de la vía urinaria o patología prostática, que condicione un aumento retrogrado de la presión a nivel glomerular con deterioro en la función, o un proceso intrínseco el cual está condicionado por daño en la vasculatura renal, glomérulo, túbulo o intersticio como los casos de necrosis tubular aguda, glomerulopatías o rhabdomiólisis que condicionan la disminución de la tasa de filtrado glomerular y por ende la disminución de volúmenes urinarios<sup>4</sup>.

Dentro del abordaje de los pacientes críticamente enfermos que cursan con lesión renal aguda se deberá realizar un abordaje ultrasonográfico de la función cardiaca y hemodinámica, valoración de la congestión venosa sistémica, el índice resistivo renal (Figura 2) y de la vía urinaria<sup>5</sup> para determinar la probable etiología de la disminución de la función renal, así mismo considerar la visualización del sedimento urinario<sup>6</sup> que permite de una forma fácil y rápida la identificación de cristales o

alteraciones en la morfología de células en la orina que den indicios del sitio intrínseco de daño<sup>2</sup>.

Actualmente se sugiere que se realice un abordaje integral de los pacientes con lesión renal aguda, en el cual una de las prioridades es la valoración de la precarga y por ende de la volemia a través de diferentes pruebas, de acuerdo al artículo de Argaiz y colaboradores<sup>7</sup> se sugiere el siguiente algoritmo (Figura 1) para complementar su abordaje donde la sospecha clínica de hipovolemia debe ser el primer paso, junto con la evaluación de datos intrínsecos a través del sedimento urinario, así como descartar causas obstructivas con apoyo ultrasonográfico; posterior a esto valorar la integral velocidad tiempo (ITV) del ventrículo izquierdo para determinar respuesta a volumen, con posterior evaluación de la congestión pulmonar por el LUS score (Lung Ultrasound) y VExUS (Venous excess ultrasound score – Figura 3), junto con evaluación de la presión intra abdominal que pueda ser una causa de compromiso de la hemodinamia renal y por ende el deterioro de la función renal.

Por último, valorar la respuesta a volumen a través de una prueba de elevación pasiva de piernas que permita identificar la respuesta a volumen y a su vez determinar el requerimiento de optimización de la volemia junto con los posibles efectos adversos de la administración de volumen intravascular.

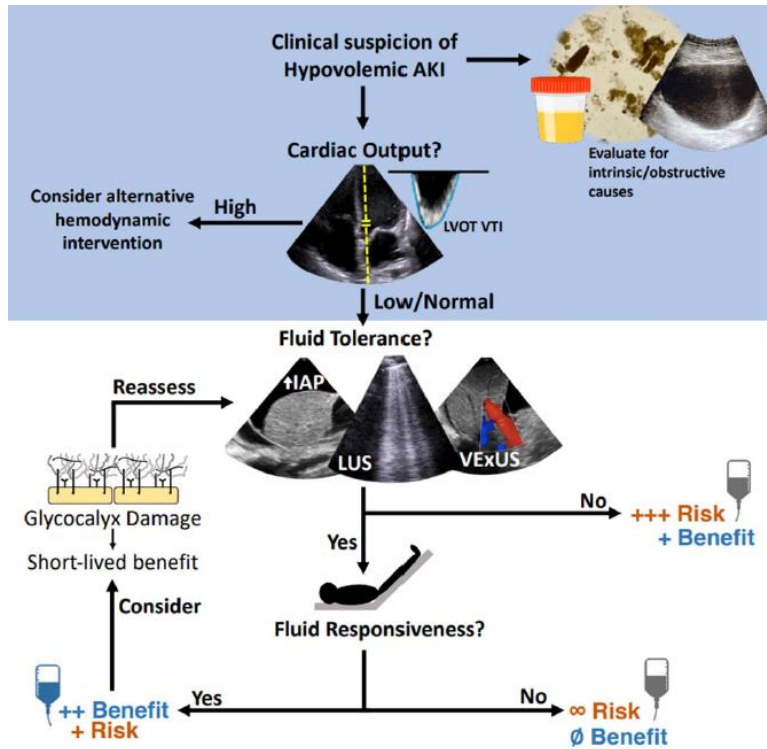


Figura 1. Abordaje de la lesión renal aguda para determinar el estado hemodinámico, congestión, volemia y precarga. AKI, acute kidney injury; IAP, intra-abdominal pressure; LUS, lung ultrasound; LVOT VTI, left-ventricular outflow tract velocity–time integral; VExUS, venous excess ultrasound score<sup>7</sup>.

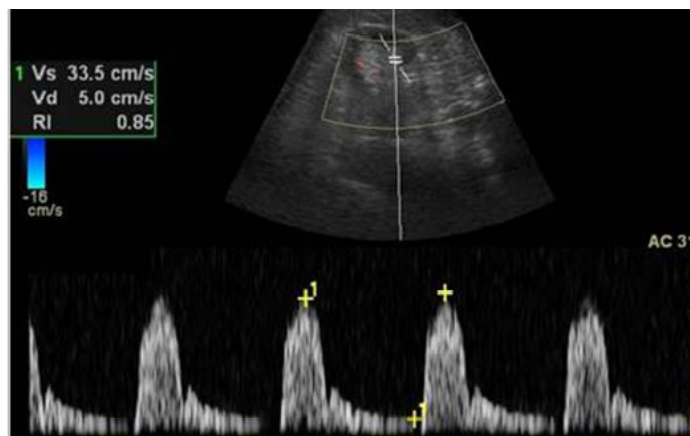


Figura 2. Medición de índice resistivo renal en un paciente con aterosclerosis grave y enfermedad renal crónica secundaria a nefroangioesclerosis<sup>8</sup>.

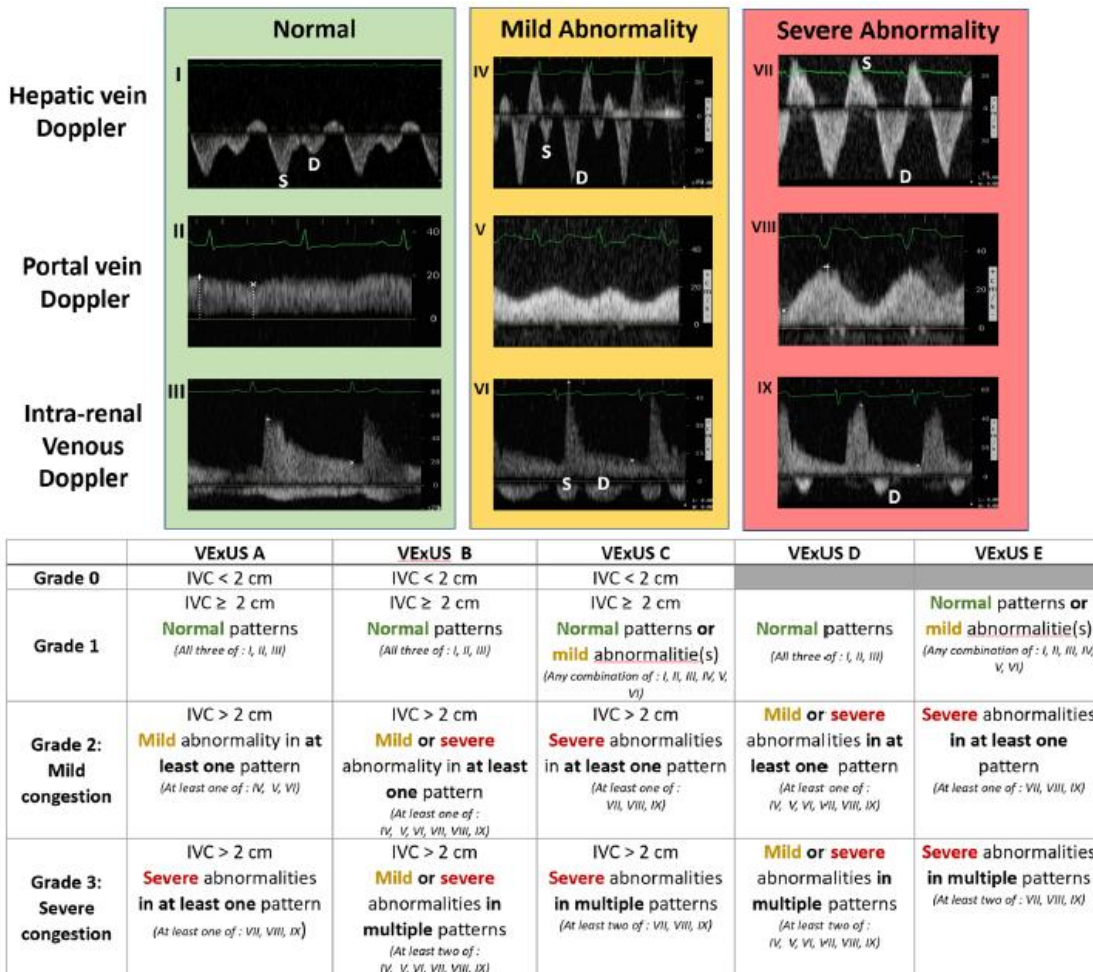


Figura 3. Protocolo ultrasonográfico de congestión venosa sistémica – VExUS<sup>9</sup>.

### Terapia de reemplazo renal continua.

La terapia de reemplazo renal es un tratamiento frecuentemente usado en los pacientes críticamente enfermos que desarrollan lesión renal aguda, ya que requieren un tratamiento de sostén para evitar complicaciones asociadas a el deterioro de la función renal<sup>10</sup>.

La terapia de reemplazo renal continuo es cualquier terapia extracorpórea de purificación de la sangre que se utiliza en pacientes críticamente enfermos con inestabilidad hemodinámica en la unidad de terapia intensiva con la finalidad de ofrecer un soporte a la función renal por un tiempo prolongado<sup>11,12</sup>; dentro de sus



principales objetivos está la remoción de líquidos, así como de solutos en la sangre que se encuentran acumulados por disminución en la tasa de filtrado glomerular; dicha terapia requiere una meta a seguir, por lo cual es importante valorar su eficacia con diferentes parámetros con la finalidad de mantener una adecuada extracción de líquidos y solutos, y a su vez buscar la forma más eficiente de llevar a cabo dicha terapia. Se utiliza una membrana semipermeable con múltiples poros<sup>10</sup>. En los procedimientos de terapia de reemplazo renal se calcula un coeficiente de ultrafiltración (KUF) el cual es una medida de cuantificación de la permeabilidad del filtro, se calcula con la multiplicación del flujo de ultrafiltración por la presión transmembrana la cual se estima con la siguiente fórmula:

$$\text{Presión Transmembrana} = \frac{\text{Prebomba} + \text{Postbomba} + \text{Ultrafiltrado}}{(1 - \text{Hematocrito}) \times (\text{Flujo} \times 60) \times \text{Prebomba}}$$

Dicho coeficiente (KUF) se utiliza en pacientes con enfermedad renal crónica para determinar si los pacientes requieren un alto o bajo flujo de diálisis; en la terapia de reemplazo renal continuo, el KUF está condicionado por las características del filtro, siendo comúnmente elevado a un nivel de 25 ml/hr/mmHg<sup>13</sup>.

### **Principios fisiológicos de la terapia de reemplazo renal continua.**

La terapia de reemplazo renal continuo se basa en diferentes principios, dentro de los cuales son la remoción de solutos por difusión, convección y adsorción, así como la remoción de líquidos a través de osmosis; dichos procesos se pueden definir como<sup>13</sup>:

Difusión: proceso a través un soluto se mueve a través de una membrana semipermeable a través de un gradiente de mayor a menor concentración hasta alcanzar un equilibrio entre ambos lados de la membrana semipermeable (Figura 4). En el caso de la terapia de reemplazo renal continuo se considera que ambos lados de la membrana semipermeable serán el volumen sanguíneo y el líquido

dializante, siendo la membrana semipermeable el filtro por el cual se busca un equilibrio de concentración entre ambos. Limitándose a moléculas de bajo peso molecular, en específico que tengan un peso molecular por debajo de 1000 kDa<sup>10</sup>.

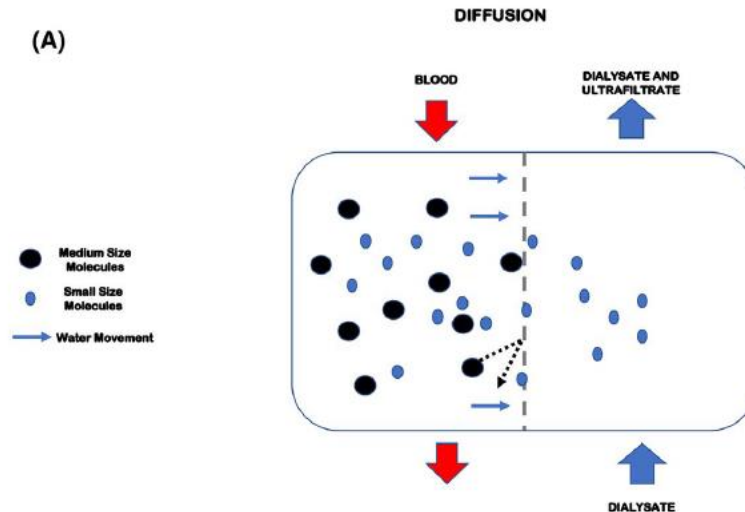


Figura 4. Diagrama del mecanismo de difusión en terapia de reemplazo renal continuo<sup>10</sup>.

Convección: es el proceso por el cual un soluto se mueve a través de una membrana semipermeable a través de un gradiente de mayor a menor presión, consecuencia de la relación entre las presiones hidrostáticas y oncóticas (Figura 5).

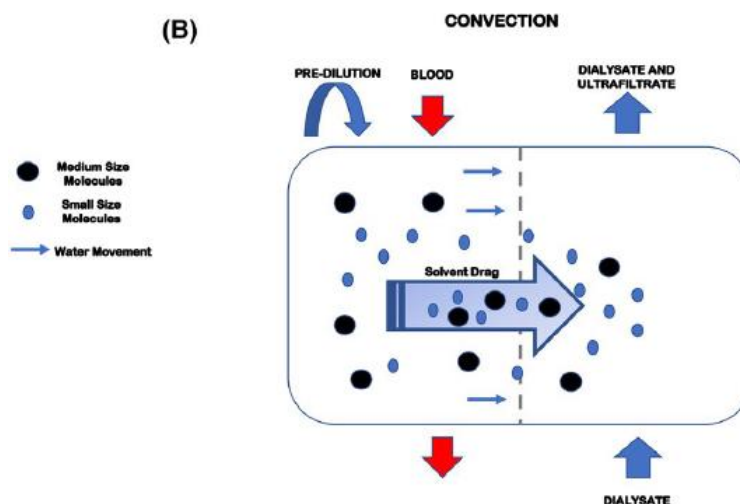


Figura 5. Diagrama del mecanismo de convección en terapia de reemplazo renal continuo<sup>10</sup>.

Adsorción: permite la disminución de algunas proteínas de diferente peso molecular que normalmente se eliminan durante el ultrafiltrado glomerular (Figura 6). Este proceso dependerá de la superficie de la membrana donde los poros que la conforman permitirán que se realice este mecanismo. Algunas de las moléculas que se eliminan de esta forma es la beta 2 microglobulina, inmunoglobulinas y algunas citocinas.

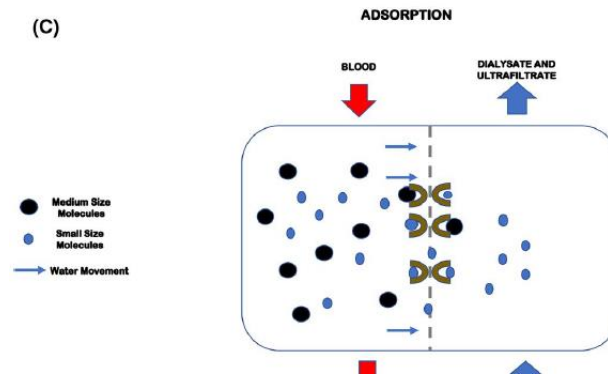


Figura 6. Diagrama del mecanismo de adsorción en terapia de reemplazo renal continuo<sup>10</sup>.

Ultrafiltración / Remoción de líquidos: esto se genera a través de un mecanismo de osmosis, es decir, el paso de agua a través de una membrana semipermeable a través de un gradiente de presión entre el flujo sanguíneo y el flujo del líquido dializante. Esto dependerá de la permeabilidad de la membrana del filtro, de la presión transmembrana y de la concentración de diferentes solutos. A través de este mecanismo podemos mantener un balance hídrico adecuado en el paciente ya que es el equivalente a la producción de orina, este mecanismo es el que se usa en algunas técnicas donde solo se busca la remoción de líquidos como lo es en la modalidad SCUF (Ultrafiltrado Lento Continuo), pero en las diferentes modalidades se puede realizar la programación del ultrafiltrado para permitir un adecuado balance hídrico<sup>14</sup>.

Dentro de las modalidades más empleadas encontramos las siguientes:

- SCUF: Ultrafiltrado Lento Continuo, la cual se ocupa por 24 horas o más y el objetivo es el control del volumen sanguíneo circulante, específicamente realizado en pacientes con insuficiencia cardiaca descompensada<sup>15</sup>.

- CVVH: Hemofiltración veno-venosa continua, basándose en el mecanismo de convección que permite el movimiento de un soluto junto con cierto arrastre de líquido por el mismo soluto, esto se ocupa cuando se busca la extracción de algún soluto en específico, el cual se removerá gracias al líquido de sustitución y se podrá encontrar en el líquido efluente; este líquido de sustitución se tendrán que ajustar antes o después del filtro lo cual permite mantener una relación adecuada que optimizaría la remoción de líquido y del soluto que se desea eliminar. Esta relación es la fracción de filtración que se define como el radio de ultrafiltración y flujo sanguíneo otorgado por el filtro, con un valor ideal máximo de 25%, ya que mientras se encuentre más cercano a ese valor, existe más riesgo de coagulación del filtro.
  
- CVVHFD: Diálisis de alto flujo veno-venosa continua<sup>16</sup>.
  
- CVVHD: Hemodiafiltración veno-venosa continua: es una combinación de los mecanismos ya previamente descritos que permite usar todos los mecanismos de funcionamiento de la terapia de reemplazo renal continuo como lo son la difusión, convección, adsorción y ultrafiltración, con la finalidad de mantener una adecuada infusión de líquido dializante, extracción de solutos y extracción de líquido<sup>17</sup>.

### **Indicaciones de la terapia de reemplazo renal continuo.**

Dentro de las indicaciones para el uso de terapia de reemplazo renal continuo encontramos los pacientes con lesión renal aguda que se encuentran con inestabilidad hemodinámica importante y con compromiso de la presión intracraneana<sup>18</sup>, lo cual permite manejar el control de solutos, el estado ácido base y la volemia de una forma más controlada, sin generar cambios importantes a niveles hemodinámicos que puedan descompensar más la hemodinamia sistémica y cerebral<sup>19</sup>.

Hasta el momento no hay evidencia que indique que el inicio de terapia de reemplazo renal iniciada de forma temprana genere un beneficio en los pacientes críticamente enfermos<sup>20</sup>, la evidencia hasta el momento demuestra que el inicio de la terapia de reemplazo renal debe ser orientada de acuerdo a la urgencia dialítica, que se caracteriza por acidosis metabólica refractaria a tratamiento, hiperkalemia refractaria a tratamiento con traducción electrocardiográfica, intoxicaciones por medicamentos dializables, edema agudo pulmonar secundario a sobrecarga hídrica y síndrome urémico caracterizado por encefalopatía urémica o pericarditis urémica, en caso de no contar con alguna de estas indicaciones se recomienda un manejo expectante y una vigilancia continua de los criterios de inicio de terapia de reemplazo renal<sup>21,22</sup>.

#### **Optimizaciones de la terapia de reemplazo renal continuo.**

- FUN/BUN (relación entre el BUN urinario y BUN sérico): Dentro de la terapia de reemplazo renal continua existen muchas controversias ya que es un tratamiento con un alto costo, el cual conlleva que se busque optimizar su uso para controlar el criterio por el cual se inició la terapia de reemplazo, es decir, corrección de las alteraciones ácido base, hidroelectrolíticas, sobrecarga de volumen, entre otras. Así mismo se requiere que durante su administración se realicen algunas mediciones que puedan favorecer que su duración y eficiencia sea adecuada, algunos parámetros usados para esto son el FUN/BUN, que es la relación entre el BUN del líquido efluente y el BUN sanguíneo; este método se realiza a través de la medición de la concentración de BUN en el líquido efluente dializado y realizar una relación directa con la concentración de BUN plasmático a través de la obtención de una química sanguínea, con lo cual nos permite identificar la adecuada cinética de la urea y su comparación con el aclaramiento de dicho nitrógeno ureico (BUN), con un valor normal de  $1.0 \pm 0.2$  el cual se sugiere como un marcador de adecuada eficiencia de la terapia de reemplazo renal; determinándolo como un marcador adecuado para valorar la remoción de

solutos y por lo tanto una adecuada evaluación de la dosificación y respuesta a la terapia de reemplazo renal continuo<sup>23</sup>.

- Downtime: Recientemente se ha descrito el Downtime, que es el porcentaje de tiempo en que el proceso de reemplazo renal no se realiza de forma efectiva y conlleva a una dosis entregada menor a la dosis prescrita, lo ideal es que se mantenga a un máximo de 20%, lo cual permite identificar que la terapia de reemplazo renal continua está siendo efectiva si se mantiene dentro de esas metas<sup>12</sup>. Esta medida es fácilmente obtenible, ya que los dispositivos de terapia de reemplazo renal continuo reportan la dosis indicada y la dosis administrada en diferentes periodos de tiempo (Figura 7), con lo cual se obtiene la relación del Downtime y por lo tanto el porcentaje de tiempo en que la terapia de reemplazo renal continua no se estaba otorgando al paciente desde el inicio de la misma hasta el tiempo en que se realiza dicha medición<sup>24</sup>, la cual por su principio no conlleva ningún costo extra y podría considerarse más efectiva para el cumplimiento de metas de la terapia de reemplazo renal continuo, entre ellas la recuperación de la función renal y optimización de recursos<sup>25</sup>.

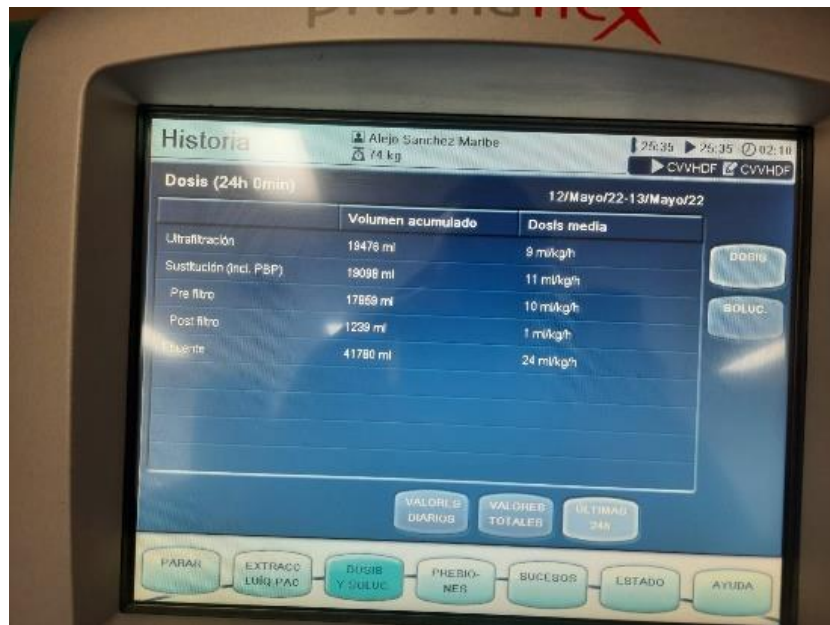


Figura 7. Pantalla de equipo de terapia de reemplazo renal continuo (Prismaflex), donde se realiza la medición de los parámetros para la obtención de Downtime.

$$Downtime = \left( \frac{Dosis\ entregada\ en\ ml}{Dosis\ prescrita\ en\ ml} \right) \times 24\ hrs \times 100$$

**Fórmula para obtener Downtime.**

En la bibliografía no existe algún parámetro o medición establecida con una adecuada significancia estadística y con un aceptable nivel de evidencia que permita determinarlo como el parámetro ideal para la monitorización de la respuesta y adecuada funcionalidad a la terapia de reemplazo renal continua, al momento la relación FUN/BUN es una de las medidas mayormente usadas para su evaluación por su correlación con la cinética de los solutos implicados en la lesión renal, por lo cual se busca identificar una asociación entre el Downtime y el FUN/BUN donde sea superior o igual para realizar esta monitorización, ya que se realiza a la cabecera del paciente, es fácilmente reproducible y no presenta un costo extra en los cuidados de los pacientes que se encuentran bajo este tratamiento.

### **Retiro de la terapia de reemplazo renal continua.**

La terapia de reemplazo renal continua es una terapia efectiva pero que no puede ser permanente por lo que se ha buscado identificar algunos parámetros que permitan el retiro de la misma, de acuerdo a un meta análisis publicado en 2021 <sup>26</sup> se encontró que debe haber una corrección de la causa, y a esto agregar que mantenga un gasto urinario de 436 ml en 24 hrs sin el apoyo de diurético y de >2330 ml en 24 hrs con apoyo diurético, con un AUC de 0.808 (0.768 – 0.844), por lo que son los parámetros a buscar para conseguir el éxito de la terapia de reemplazo renal continua y de acuerdo a la recuperación de la función renal considerar con un manejo expectante o una terapia de reemplazo intermitente.

**Planteamiento del problema.**

La terapia de reemplazo renal continua es una herramienta de uso frecuente en unidades de cuidados intensivos, la cual nos permite reemplazar la función del riñón en caso de presentar lesión renal aguda en el contexto de inestabilidad hemodinámica, es un recurso que si bien tiene alta eficacia, también representa un alto costo, por lo que es prioritario tener en cuenta que se debe de contar con herramientas que nos permitan la identificación temprana de la recuperación renal, así como del fracaso de la misma.

Se debe tener un adecuado seguimiento de la terapia de reemplazo renal con diferentes métodos que pueden ser realizados durante la implementación de la misma a la cabecera del paciente, para determinar si existe adecuada funcionalidad, así como la optimización del tratamiento que permita mayor efectividad y por lo tanto una recuperación más temprana de la función renal.



**Pregunta de investigación.**

¿El Downtime comparado con el FUN/BUN es un método superior o igual para monitorizar la respuesta a la terapia de reemplazo renal continua en pacientes críticamente enfermos?

**Justificación.**

Actualmente se cuentan con diferentes herramientas para monitorizar la respuesta y seguridad de la terapia de reemplazo renal continuo, lo cual permite identificar cuando el dispositivo (máquina, set y filtro) de la misma presenta disfunción tras su uso normal de 48-72 hrs, pero no se ha descrito actualmente los valores de referencia específicos de Downtime que permitan monitorizar adecuadamente la respuesta a la terapia de reemplazo renal continua y por ende recuperación de la función renal.

**Hipótesis.**

El Downtime <20% comparado con el FUN/BUN entre 0.8 – 1.2 es superior o igual para la monitorización de la respuesta a la terapia de reemplazo renal continua en pacientes críticamente enfermos.

### **Objetivo general**

- Comparar el Downtime con el FUN/BUN para la respuesta a la terapia de reemplazo renal continua.

### **Objetivos específicos**

- Determinar el Downtime cada 24hr tras el inicio de la terapia de reemplazo renal continua.
- Determinar el FUN/BUN cada 24 hrs tras el inicio de la terapia de reemplazo renal continua.
- Medición de la presión transmembrana cada 6 hrs tras el inicio de la terapia de reemplazo renal continua.
- Medición de la fracción excretada de urea cada 24 hrs tras el inicio de la terapia de reemplazo renal continua.
- Cálculo de la fracción de filtración cada 24 hrs tras el inicio de la terapia de reemplazo renal continua y/o con cada cambio de prescripción de esta.
- Registro de la medición ultrasonográfica de protocolo VEXUS al inicio y cada 24 hrs tras el inicio de la terapia de reemplazo renal continua.

## Metodología.

### Tipo y diseño del estudio.

Estudio ambispectivo, observacional, longitudinal.

### Población y tamaño de la muestra.

Se realizó el cálculo de tamaño de muestra para población finita, con una población anual de 200 pacientes en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Juárez de México, de los cuales, en el último año (2021), aproximadamente el 10% de ellos requirieron terapia de reemplazo renal continua. Se estima un total de 20 pacientes por cada grupo, para que el estudio sea estadísticamente significativo.

$$n = \frac{NZ^2pq}{d^2(N-1) + Z^2pq}$$

Donde:

N es la muestra

Z $\alpha$  es el valor Z correspondiente al riesgo  $\alpha$  fijado, nivel de confianza = 1.96

Pq es la probabilidad a favor y probabilidad en contra respectivamente

d2 es la diferencia que esperamos encontrar = 0.05

$$n = \frac{(1.96)^2 \times 0.5 \times 0.2 \times 25}{0.5^2 (25 - 1) + (1.96)^2 \times 0.5 \times 0.5}$$

n= 20 pacientes

### Criterios de inclusión:

- Pacientes mayores a 18 años.
- Estancia en UCI.

- Requerimiento de terapia de reemplazo renal más de 24 hrs, independientemente de la causa.
- Pacientes con ventana ultrasonográfica adecuada.

#### **Criterios de no inclusión**

- Enfermedad renal crónica previa KDIGO V.
- Pacientes con falla orgánica múltiple.

#### **Criterios de exclusión:**

- Disfunción de sistema de terapia de reemplazo renal en menos de 24 horas.
- Pacientes sin mediciones completas.

#### **Criterios de eliminación:**

- Traslado a otra unidad hospitalaria.
- Defunción antes de las 24hrs al inicio de la terapia de reemplazo renal continua.
- Pacientes que tras la valoración de expediente y registros de enfermería no se cuente con información completa para análisis de todas las variables.

## Variables.

Se realizó la medición y registro de las siguientes variables con las siguientes definiciones:

Variable	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Valores
Edad	Tiempo transcurrido en años desde el nacimiento.	Cuantitativa continua	Años	No aplica
Género	Fenotipo masculino o femenino de la persona.	Cualitativa Nominal dicotómica	Hombre / Mujer	0: Hombre 1: Mujer
SOFA	Escala pronóstica de riesgo de mortalidad de pacientes en unidad de terapia intensiva	Cuantitativa discreta	Puntos	0 – 24
APACHE II	Escala pronóstica de riesgo de mortalidad de pacientes en unidad de terapia intensiva	Cuantitativa discreta	Puntos	0 – 35
SAPS II	Escala pronóstica de riesgo de mortalidad de pacientes en	Cuantitativa discreta	Puntos	0 – 163

	unidad de terapia intensiva			
Causa de requerimiento de terapia de reemplazo renal	Comorbilidad más importante del paciente que genera deterioro de la función renal	Cualitativa categórica	Cirugía Falla cardiaca Hemorragia Trauma Sepsis	Cirugía Falla cardiaca Hemorragia Trauma Sepsis
Criterio de requerimiento de terapia de reemplazo renal	Indicación absoluta para inicio de terapia de reemplazo renal	Cualitativa categórica	Acidosis metabólica Electrolitos Intoxicaciones Sobrecarga de volumen Síndrome urémico Oliguria Anuria	Acidosis metabólica Electrolitos Intoxicaciones Sobrecarga de volumen Síndrome urémico Oliguria Anuria
Downtime	Es el porcentaje de tiempo en que el proceso de reemplazo renal no se realiza de forma efectiva y conlleva a una dosis entregada menor a la dosis prescrita, lo ideal es que se mantenga a un máximo 20%	Cuantitativa continua	%	No aplica



FUN:BUN	Relación del BUN medido en líquido efluente y concentración de BUN plasmático	Cuantitativa continua	mg/dL	No aplica
Fracción de excreción de BUN	Relación de la concentración sanguínea de BUN tras 24 hrs de inicio de la terapia de reemplazo renal continua	Cuantitativa continua	mg/dL	No aplica
Fracción de filtración	Cantidad de agua plasmática que se retira del volumen circulante con respecto de la que ingresa al filtro.	Cuantitativa continua	%	No aplica
Presión transmembrana	Gradiente de presión que existe dentro del dializador entre el compartimento sanguíneo y el líquido de diálisis.	Cuantitativa continua	mmHg	No aplica
VEXUS	Protocolo ultrasonográfico para la medición de la congestión venosa sistémica	Cualitativa categórica	0, 1, 2, 3	0 sin congestión 1 congestión venosa leve 2 congestión venosa moderada

				3 congestión venosa grave
Vena cava inferior	Medición por ultrasonido en ventana Subxifoideo o trans hepático del diámetro de la vena cava inferior	Cuantitativa continua	mm	No aplica
Presión venosa central	Medición indirecta de la presión de la aurícula derecha a través del catéter venoso central que nos traduce en tolerancia a volumen	Cuantitativa continua	mmHg	No aplica
Índice urinario	Volumen urinario por hora que produce el paciente de acuerdo a su peso corporal	Cuantitativa continua	ml/kg/hr	No aplica
Volumen urinario	Volumen de orina que produce el paciente en 24 hrs	Cuantitativa continua	ml	No aplica
Índices resistivos renales	Medición por ultrasonido Doppler de la forma de la onda	Cuantitativa continua	cm/seg	No aplica

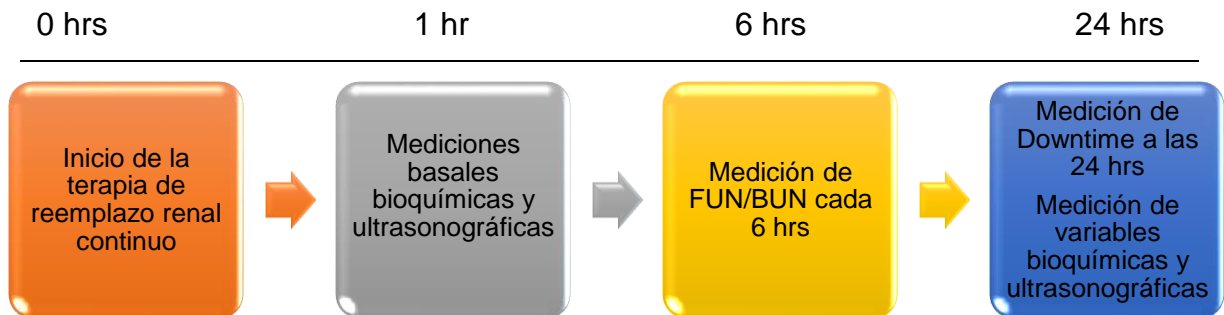
	<p>generada en modo Doppler pulsado que refleja la resistencia del flujo arterial originado por el lecho microvascular distal en el sitio de la medición a nivel de las arterias arcuatas</p>			
<p>Tiempo para la recuperación de la función renal</p>	<p>Tiempo transcurrido entre el inicio de la terapia de reemplazo renal y la recuperación de la función renal definida como gasto urinario sin diurético &gt;400 ml/día (436 ml/día) y con diurético de &gt;2400 ml/día (2330 ml/día), corrección de</p>	<p>Cuantitativa continua</p>	<p>Horas</p>	<p>No aplica</p>

	causa, mantenimiento de TFG >20 ml/min/m <sup>2</sup>			
Tiempo para retiro de terapia de reemplazo renal continua	Tiempo transcurrido entre el inicio de la terapia de reemplazo renal y el retiro de la terapia de reemplazo renal continua	Cuantitativa continua	Horas	No aplica

## Procedimiento:

Se recopiló información de los expedientes clínicos y registros de enfermería de los pacientes que hayan requerido terapia de reemplazo renal ingresados a la unidad de cuidados intensivos de adultos del Hospital Juárez de México de marzo de 2022 a febrero de 2023.

Procedimiento por realizar.



### **Análisis estadístico.**

Para el análisis estadístico se utilizó el programa IBM SPSS Statistics versión 28.0.0.0 (190). Debido al tamaño de muestra se corrió prueba de Shapiro Wills, para evidenciar normalidad de la muestra, así como curtosis, asimetría y gráfico Q-Q.

Se realizó estadística descriptiva mediante el empleo de medias y desviación estándar, medianas y rangos, de acuerdo con la distribución de las variables cuantitativas. Para variables cualitativas se realizó cálculo de frecuencias absolutas y relativas.

La comparación entre grupos que recuperaron y no la función renal se realizó mediante t de Student o prueba de Chi cuadrada dependiendo del tipo de variables. Se realizó la estimación de factores asociados mediante regresión logística y se realizó análisis de ANOVA para medidas repetidas. Se realizó correlación de Pearson entre FUN/BUN y Downtime para evaluar la monitorización de la respuesta a la terapia de reemplazo renal continua. Se consideró un valor de significancia estadística de  $p < 0.05$  y un intervalo de confianza del 95%.

### **Aspectos éticos.**

La presente investigación se apegó a la normatividad internacional, nacional e institucional sobre investigación, se mantuvo estrictamente la confidencialidad de los datos individuales, respetando en todo momento su derecho a retirarse del mismo cuando así lo considere y respetando el principio de beneficencia del paciente. Esta investigación no afecta a los seres humanos en estudio, y se ajusta a las normas éticas internacionales, a la Ley General de Salud en materia de investigación en seres humanos y a la declaración de Helsinki con modificación en Tokio, en 1983. Se cumplió con las pautas especificadas asegurando el control y calidad de los datos. No se manipuló ningún dato que arroje la investigación para ningún propósito ajeno a la investigación en cualquier momento de esta. No se publicarán de ninguna forma los datos personales de los pacientes extraídos de los expedientes clínicos.

El presente estudio es considerado como un estudio sin riesgo, de acuerdo al artículo 17 del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud (RLGSMIS), al ser un estudio descriptivo, basado en recolección de datos. El estudio se llevó a cabo en apego a las normas institucionales en materia de investigación científica y al título segundo capítulo primero, artículo 16 y 17 fracción I, II, III del RLGSMIS.

La Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de los Sujetos Obligados define como datos personales a cualquier información concerniente a una persona física identificada o identificable. También estipula que los datos personales sensibles son aquellos que se refieran a la esfera más íntima de su titular, o cuya utilización indebida pueda dar origen a discriminación o conlleve un riesgo grave para éste. Por lo anterior, la información obtenida de los pacientes que cumplieron los criterios de inclusión se manejó de forma confidencial por parte del investigador principal, quien asignó un número de folio a cada paciente para evitar su identificación y en la base de datos únicamente se registraron los datos (variables) necesarios para dar cumplimiento al objetivo de la presente

investigación. No olvidar mencionar que los datos clínicos de los pacientes se recolectaron por medio del formato de consentimiento para el acceso a datos personales con fines de investigación y académicos para la formación de recursos humanos en el ámbito de la salud en el Hospital Juárez de México.

**Aspectos de bioseguridad.**

El presente proyecto no tiene implicaciones de bioseguridad, ya que no se utilizó material biológico infectocontagioso; microorganismos patógenos y oportunistas; virus de cualquier tipo; animales y/o células; sustancias tóxicas, así como cualquier material que ponga en riesgo la salud o integridad física del personal de salud o afecte al medio ambiente.

**Recursos necesarios.**

Expedientes clínicos.

Estudios de laboratorio.

Recursos humanos: Analista de datos y recabador de la informa.

Recursos materiales: computadora portátil, programa IBM SPSS Statistics versión 28.0.0.0 (190), material de escritura y papelería.

Lugar: oficinas de trabajo de Unidad de Cuidados Intensivos Adultos, Hospital Juárez de México.



## Resultados.

Se identificaron 14 pacientes que cumplieron los criterios de inclusión, de los cuales se reportan 8 mujeres (57.2%) y 6 hombres (42.8%), de 18 a 73 años con una media de edad de 49.6 años (DE 15.27) con escalas de severidad que reportaron SOFA 15.07 (8 – 21; DE 3.647), APACHE II 28.01 15 – 68; DE 12.847), SAPS II 59.7 (24 – 80; DE 16.857), mortalidad 43% (6; DE 0.514).

Dentro de las etiologías de la lesión renal, encontramos un 87.1% (12; DE 0.426) con sepsis, 57.1% (8; DE 0.514) con componente quirúrgico, 14.2% (2; DE 0.363) neurocríticos y 7.1% (1; DE 0.267) autoinmunes; los pacientes principalmente contaron con una etiología de componente séptico, dentro de los sitios asociados encontramos el componente abdominal (peritonitis secundaria y pancreatitis), mediastinal y cardíaco (endocarditis); así mismo, destaca un caso de sepsis abdominal secundaria a gastroenteritis infecciosa por *Salmonella* spp. Se identificó un caso de etiología autoinmune de un paciente con un síndrome riñón pulmón asociado a lupus eritematoso sistémico, con poca respuesta al tratamiento y gran afectación sistémica que presentó desenlace fatal.

En las indicaciones para inicio de la terapia de reemplazo renal continua se reporta por acidosis metabólica en 92.8% (13; DE 0.267), hiperkalemia 35.7% (5; DE 0.426), sobrecarga hídrica 21.4% (3; DE 0.267), asociándose a oliguria en 64.2% (9; DE 0.497).

Las mediciones ultrasonográficas que se realizaron fue el protocolo de congestión venosa sistémica, mejor conocido como VEXUS, el cual en promedio su valor inicial fue de 1 traduciéndose en congestión leve (DE 1.038), vena cava inferior de 1.9 cm (1.2 – 2.4; DE 0.3472) e índice resistivo renal derecho e izquierdo de 0.71 y 0.69 cm/seg (0.64 – 0.80; DE 0.44 /0.195). Así mismo se realizaron mediciones de la

presión venosa central la cual su media fue de 12.6 mmHg (7 – 19; DE 3.992) y de índice urinario, reportándose de 0.26 ml/k/h (0.07 – 0.56; DE 0.18253).

<b>Tabla 1. Caracterización de la muestra</b>				
<b>Característica</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>
Edad (años)	18	73	49.64	15.270
SOFA (puntos)	8	21	15.07	3.647
APACHE II (puntos)	15	68	31.86	12.847
SAPS II (puntos)	24	80	56.00	16.857
Mortalidad (%)	43%			.514
<b>Etiología de lesión renal</b>				
Cardíaco (%)	0%			.000
Neurocrítico (%)	14%			.363
Sepsis (%)	79%			.426
Autoinmune (%)	7%			.267
Quirúrgico (%)	57%			.514
<b>Criterio de terapia de reemplazo renal</b>				
Oliguria (%)	64%			.497
Acidosis metabólica (%)	93%			.267
Hiperkalemia (%)	21%			.426
Sobrecarga hídrica (%)	7%			.267
<b>Mediciones iniciales</b>				
VEXUS inicial	0	3	1.00	1.038
Vena cava inferior inicial (cm)	1.2	2.4	1.914	.3472
Presión venosa central inicial (mmHg)	7	19	12.64	3.992
Índice urinario inicial (ml/kg/hr)	.07	.57	.2664	.18253
Índice resistivo renal derecho inicial (cm/seg)	.64	.77	.7121	.04492
Índice resistivo renal izquierdo inicial (cm/seg)	.00	.80	.6914	.19560

En las mediciones a las 24 hrs del inicio de la terapia de reemplazo renal continuo se encontró un ratio FUN/BUN de 0.95 (0.80 – 1.21; DE 0.10669), Downtime de 7.6% (2% - 24%; DE 0.06396), equivalente a 110 minutos (28 – 345; DE 92.1), manteniendo una presión transmembrana en promedio de 75 mmHg (15 – 340; DE 84.368), una fracción de filtración de 12.6% (1% - 24%; 0.057038); fracción de excreción de Urea de 36% (19 – 61%; DE 0.13043), VEXUS 0.57 (0 – 3; DE 0.938), vena cava inferior 1.87 cm (1.5 – 2.5; DE 0.2832), uresis 0.24 ml/k/h (0.01 – 0.80; DE 0.24589), presión venosa central 9.6 mmHg (5 – 17; DE 3.565), índice resistivo renal 0.69 / 0.64 (0.57 – 0.83; DE 0.05954 / 0.19582).

Dentro de los pacientes que recuperaron la función renal se reporta un total de 60 h para dicho desenlace y un total de 70.6 h para el retiro de la terapia de reemplazo renal continua.

<b>Tabla 2. Mediciones a las 24 hrs</b>				
	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>
Downtime (%)	2	24	7.64	6.396
Downtime (horas)	.48	5.76	1.8343	1.53501
Downtime (minutos)	28	345	110.19	92.135
FUN:BUN	.80	1.21	.9586	.10669
Fracción de excreción de Urea (%)	19	61	36.43	13.043
Fracción de filtración (%)	1	24	12.693	5.7038
Presión transmembrana (mmHg)	15	340	75.64	84.368
VEXUS a las 24 hrs	0	3	.57	.938
Vena cava inferior (cm)	1.5	2.5	1.875	.2832
Presión venosa central (mmHg)	5	17	9.64	3.565
Índice urinario (ml/kg/hr)	.01	.80	.2400	.24589
Índice resistivo renal derecho (cm/seg)	.57	.82	.6971	.05954
Índice resistivo renal izquierdo (cm/seg)	.00	.83	.6493	.19582
Tiempo para la recuperación de la función renal (horas)	0	168	34.29	46.263
Tiempo para retiro de terapia de reemplazo renal continua (horas)	0	96	45.43	37.311

Por el tamaño de la muestra y por prueba metodológica, se utilizó correlación de Spearman, para valorar la eficacia de la terapia de reemplazo renal. En la correlación de FUN/BUN con Downtime no se encontró diferencia significativa ( $p=0.054$ ) para determinar la respuesta a la terapia de reemplazo renal con la recuperación de la función renal.

**Tabla 3. Correlación de Spearman entre FUN:BUN y Downtime**

			FUN:BUN a las 24 hrs	Downtime (porcentaje)
Spearman	FUN:BUN a las 24 hrs	Coeficiente de correlación	1.000	-.506
		Sig. (bilateral)	.	.054
	Downtime (porcentaje)	Coeficiente de correlación	-.506	1.000
		Sig. (bilateral)	.065	.

Se realizó correlación de diferentes variables con la mortalidad, la cual se presentó en 6 pacientes (43%) de los cuales solo 1 paciente recuperó función renal, encontrando una asociación estadísticamente significativa por Chi cuadrada, entre la ausencia de la recuperación de la función renal y mortalidad con  $p=0.036$ .

**Tabla 4. Correlación de mortalidad y recuperación de la función renal**

			Mortalidad	Recuperación renal
Chi cuadrada	Mortalidad	Coeficiente de correlación	1.000	-.559*
		Sig. (bilateral)	.	.036
	Recuperación de la función renal	Coeficiente de correlación	-.559*	1.000
		Sig. (bilateral)	.038	.

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

## **Discusión.**

El presente estudio que nos permite identificar a una muestra de pacientes dentro de un gran universo de pacientes críticamente enfermos, los cuales desarrollan lesión renal aguda y asociada a esta, un criterio de inicio de terapia de reemplazo renal. Dichos pacientes presentan una alta morbimortalidad por todas las complicaciones asociadas y por el pronóstico deletéreo que presentan por el requerimiento de terapia de sostén orgánico a nivel renal, así como el resto de las afecciones.

En las mediciones realizadas no se encuentra una diferencia significativa para monitorizar la respuesta a la terapia de reemplazo renal, por lo que se considera que ambas mediciones son adecuadas para la monitorización sin inferioridad de una con respecto a la otra, teniendo en cuenta que dicha terapia conlleva un alto costo hospitalario, tanto por el recurso material como por el adecuado entrenamiento y apego del recurso humano asociado a su cuidado, por lo cual es valiosa la optimización de recursos para determinar su adecuada utilidad y beneficio en el pronóstico del paciente. Teniendo esto un impacto en la mortalidad ya que un mal manejo, seguridad y seguimiento conlleva un impacto en la optimización de recursos y a su vez en un beneficio en el pronóstico de los pacientes que requieren manejo con terapia de reemplazo renal continuo, teniendo en cuenta que son pacientes que por dicho requerimiento ya cuentan con alta morbimortalidad.

En los puntos a favor, encontramos que los reportes de Downtime encontrados en nuestros pacientes (7.6%, equivalente a 110 minutos), se encuentran en su mayoría apegados a los parámetros establecidos en las bibliografías internacionales, siendo estos <20%<sup>27</sup>, por lo cual nuestro centro se considera con una alta eficacia de la terapia de reemplazo renal, reflejándose en la adecuada eliminación de solutos y mantenimiento de balance hídrico en los pacientes que se sometieron a dicha terapia, caracterizada por el adecuado FUN/BUN de 0.95 (0.80 – 1.21; DE 0.10669), presión transmembrana en promedio de 75 mmHg (15 – 340; DE 84.368), fracción

de filtración de 12.6% (1% - 24%; 0.057038); fracción de excreción de Urea de 36% (19 – 61%; DE 0.13043), VEXUS 0.57 (0 – 3; DE 0.938), vena cava inferior 1.87 cm (1.5 – 2.5; DE 0.2832), presión venosa central 9.6 mmHg (5 – 17; DE 3.565), índice resistivo renal 0.69 / 0.64 (0.57 – 0.83; DE 0.05954 / 0.19582). Logrando optimizar el mismo kit y filtro de terapia de reemplazo renal hasta 96 hrs, a comparación de la vida media del filtro que se reporta en otros estudio siendo de 24 hrs, por lo que se considera que se puede utilizar como una medida de seguimiento y monitorización adecuada en escenarios de recursos limitados, por la naturaleza de su medición.

No se identificó una asociación entre el Downtime y los desenlaces renales de forma directa incluyendo la recuperación de la función renal y el destete de la terapia de reemplazo renal determinado por los volúmenes urinarios. Se considera que la recuperación de la función renal es un parámetro muy importante de la calidad de la atención en un paciente que recibe terapia de reemplazo renal continuo, pero dicha recuperación está determinada por múltiples parámetros que van desde la adecuada prescripción y vigilancia de la terapia de reemplazo renal, así como la gravedad de la lesión renal, el daño renal previo y la resolución del proceso que detonó el daño renal agudo y el requerimiento de dicha terapia, a su vez el daño renal previo es un punto a considerar, ya que si bien la población que se incluyó se consideró como diagnóstico del daño renal como lesión renal aguda, se considera que la mayoría de ellos cuentan con antecedentes importantes para sospechar que ya contaban con daño renal crónico previo o ciertos factores de riesgo como lo son enfermedades crónico degenerativas o actualmente conocidas como enfermedades crónicas no transmisibles (Diabetes mellitus, Hipertensión arterial sistémica, Insuficiencia cardíaca, Dislipidemias), por lo tanto no se puede asumir que la respuesta y desenlaces renales estén determinados por nuestra medición y objeto de estudio.

Nuestro estudio presenta grandes limitaciones, como la falta del número de muestra planeado para encontrar una significancia estadística para la diferencia entre Downtime y FUN:BUN, así mismo la naturaleza del estudio al ser descriptivo, su

componente retrospectivo y la recolección de la información del expediente clínico y registros de enfermería que conlleva cierto sesgo, llevando consigo la limitación en el poder de los resultados, por lo que vale la pena el seguimiento de los pacientes con un estudio totalmente prospectivo. Si bien se encontró una asociación estadísticamente significativa entre la mortalidad y la ausencia de la recuperación de la función renal, se necesitan estudios multicéntricos para poder generalizar dicho desenlace, porque como ya se mencionó previamente, se deberá considerar esto como una asociación, pero no como una causalidad, por todos los factores asociados a la recuperación de la función renal.

Tomar en cuenta que el aumento del Downtime >20% conlleva un aumento en la uremia, retraso en la resolución de acidosis metabólica y balance hídrico positivo, por la disminución en la intensidad de la terapia de reemplazo renal continua y con el correspondiente impacto en la morbimortalidad y al mismo tiempo en el impacto económico.

## **Conclusión.**

En nuestro estudio el Downtime no fue inferior al FUN/BUN para monitorizar la eficacia de la terapia de reemplazo renal continua con respecto a su respuesta determinada por la recuperación de la función renal. Por lo que se considera que la medición cada 24 hrs del Downtime es una adecuada medición para valorar la eficacia de la terapia de reemplazo renal asociada al adecuado apego al paciente, misma que puede ser calculada por médicos y enfermeras a cargo del tratamiento de reemplazo renal en el paciente crítico, sin significar un aumento en los costos de atención, ya que su medición no implica la toma de una muestra de laboratorio a nivel sanguíneo, urinario o algún otro, y simplemente son mediciones de los tiempos de actividad que nos otorga el equipo de terapia de reemplazo renal continuo.

Se requiere de estudios con mayor tamaño de muestra, multicéntricos que genere un mayor impacto para encontrar una diferencia real entre ambos instrumentos, por lo tanto la recomendación que nos puede traducir es realizar seguimiento con ambas estrategias (FUN:BUN y Downtime), con la finalidad que nos permita identificar el tiempo muerto en la terapia quitándole la propiedad de ser continua, y a su vez con el FUN:BUN nos permite identificar que el depuramiento de azoados sea el correcto, valorando de ambas formas la funcionalidad del filtro en los pacientes con terapia de reemplazo renal continua, con la finalidad de darle el manejo mayormente optimizado y por lo tanto disminuir su morbimortalidad.



## Referencias.

1. Gaudry, S., Palevsky, P. M., & Dreyfuss, D. (2022). Extracorporeal Kidney-Replacement Therapy for Acute Kidney Injury. *The New England journal of medicine*, 386(10), 964–975. <https://doi.org/10.1056/NEJMra2104090>
2. Valdenebro M, Martín-Rodríguez L, Tarragón B, Sánchez-Briales P, Portolés J. Una visión nefrológica del tratamiento sustitutivo renal en el paciente crítico con fracaso renal agudo: horizonte 2020. *Nefrología*. 2021;41(2):102–14. <https://doi.org/10.1016/j.nefro.2020.07.016>
3. Rachoin, J. S., & Weisberg, L. S. (2019). Renal Replacement Therapy in the ICU. *Critical care medicine*, 47(5), 715–721. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000003701>
4. Kellum, J. A., Romagnani, P., Ashuntantang, G., Ronco, C., Zarbock, A., & Anders, H. J. (2021). Acute kidney injury. *Nature reviews. Disease primers*, 7(1), 52. <https://doi.org/10.1038/s41572-021-00284-z>
5. Taleb Abdellah, A., & Koratala, A. (2022). Nephrologist-Performed Point-of-Care Ultrasound in Acute Kidney Injury: Beyond Hydronephrosis. *Kidney international reports*, 7(6), 1428–1432. <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2022.02.017>
6. Molitoris B. A. (2022). Low-Flow Acute Kidney Injury: The Pathophysiology of Prerenal Azotemia, Abdominal Compartment Syndrome, and Obstructive Uropathy. *Clinical journal of the American Society of Nephrology : CJASN*, 17(7), 1039–1049. <https://doi.org/10.2215/CJN.15341121>
7. Argaiz, E. R., Rola, P., Haycock, K. H., & Verbrugge, F. H. (2022). Fluid management in acute kidney injury: from evaluating fluid responsiveness towards assessment of fluid tolerance. *European heart journal. Acute cardiovascular care*, 11(10), 786–793. <https://doi.org/10.1093/ehjacc/zuac104>
8. Di Nicolò, P., & Granata, A. (2017). Renal Resistive Index: not only kidney. *Clinical and experimental nephrology*, 21(3), 359–366. <https://doi.org/10.1007/s10157-016-1323-3>

9. Beaubien-Souligny, W., Rola, P., Haycock, K., Bouchard, J., Lamarche, Y., Spiegel, R., & Denault, A. Y. (2020). Quantifying systemic congestion with Point-Of-Care ultrasound: development of the venous excess ultrasound grading system. *The ultrasound journal*, 12(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s13089-020-00163-w>
10. Claire-Del Granado, R., & Clark, W. R. (2021). Continuous renal replacement therapy principles. *Seminars in dialysis*, 34(6), 398–405. <https://doi.org/10.1111/sdi.12967>
11. Bello-Chavolla, O. Y., Bahena-López, J. P., Antonio-Villa, N. E., Vargas-Vázquez, A., González-Díaz, A., Márquez-Salinas, A., Fermín-Martínez, C. A., Naveja, J. J., & Aguilar-Salinas, C. A. (2020). Predicting Mortality Due to SARS-CoV-2: A Mechanistic Score Relating Obesity and Diabetes to COVID-19 Outcomes in Mexico. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 105(8), dgaa346. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgaa346>
12. Tsujimoto, Y., & Fujii, T. (2022). How to Prolong Filter Life During Continuous Renal Replacement Therapy?. *Critical care (London, England)*, 26(1), 62. <https://doi.org/10.1186/s13054-022-03910-8>
13. Vásquez Jiménez, E., Anumudu, S. J., & Neyra, J. A. (2021). Dose of Continuous Renal Replacement Therapy in Critically Ill Patients: A Bona Fide Quality Indicator. *Nephron*, 145(2), 91–98. <https://doi.org/10.1159/000512846>
14. Prowle, J., & Mehta, R. (2021). Fluid balance management during continuous renal replacement therapy. *Seminars in dialysis*, 34(6), 440–448. <https://doi.org/10.1111/sdi.12964>
15. Murugan, R., Bellomo, R., Palevsky, P. M., & Kellum, J. A. (2021). Ultrafiltration in critically ill patients treated with kidney replacement therapy. *Nature reviews. Nephrology*, 17(4), 262–276. <https://doi.org/10.1038/s41581-020-00358-3>
16. See, E., Ronco, C., & Bellomo, R. (2021). The future of continuous renal replacement therapy. *Seminars in dialysis*, 34(6), 576–585. <https://doi.org/10.1111/sdi.12961>

17. Legrand, M., & Tolwani, A. (2021). Anticoagulation strategies in continuous renal replacement therapy. *Seminars in dialysis*, 34(6), 416–422. <https://doi.org/10.1111/sdi.12959>
18. Cruz-Llanos Luis, Molano Alejandra, Rizo-Topete Lilia (2022). Continuous Renal Replacement Therapy in Acute Brain Injury. *Frontiers in Nephrology*. Vol 2. <https://doi.org/10.3389/fneph.2022.853677>
19. Ronco, C., & Reis, T. (2021). Continuous renal replacement therapy and extended indications. *Seminars in dialysis*, 34(6), 550–560. <https://doi.org/10.1111/sdi.12963>
20. Andonovic, M., Shemilt, R., Sim, M., Traynor, J. P., Shaw, M., Mark, P. B., & Puxty, K. A. (2021). Timing of renal replacement therapy for patients with acute kidney injury: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the Intensive Care Society*, 22(1), 67–77. <https://doi.org/10.1177/1751143720901688>
21. Grolleau, F., Porcher, R., Barbar, S., Hajage, D., Bourredjem, A., Quenot, J. P., Dreyfuss, D., & Gaudry, S. (2022). Personalization of renal replacement therapy initiation: a secondary analysis of the AKIKI and IDEAL-ICU trials. *Critical care (London, England)*, 26(1), 64. <https://doi.org/10.1186/s13054-022-03936-y>
22. Yang, X. M., Tu, G. W., Zheng, J. L., Shen, B., Ma, G. G., Hao, G. W., Gao, J., & Luo, Z. (2017). A comparison of early versus late initiation of renal replacement therapy for acute kidney injury in critically ill patients: an updated systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC nephrology*, 18(1), 264. <https://doi.org/10.1186/s12882-017-0667-6>
23. Claire-Del Granado, R., Macedo, E., Chertow, G. M., Soroko, S., Himmelfarb, J., Ikizler, T. A., Paganini, E. P., & Mehta, R. L. (2012). Toward the optimal dose metric in continuous renal replacement therapy. *The International journal of artificial organs*, 35(6), 413–424. <https://doi.org/10.5301/ijao.5000041>
24. Kee, Y. K., Kim, E. J., Park, K. S., Han, S. G., Han, I. M., Yoon, C. Y., Lee, E., Joo, Y. S., Kim, D. Y., Lee, M. J., Park, J. T., Han, S. H., Yoo, T. H., Kim,

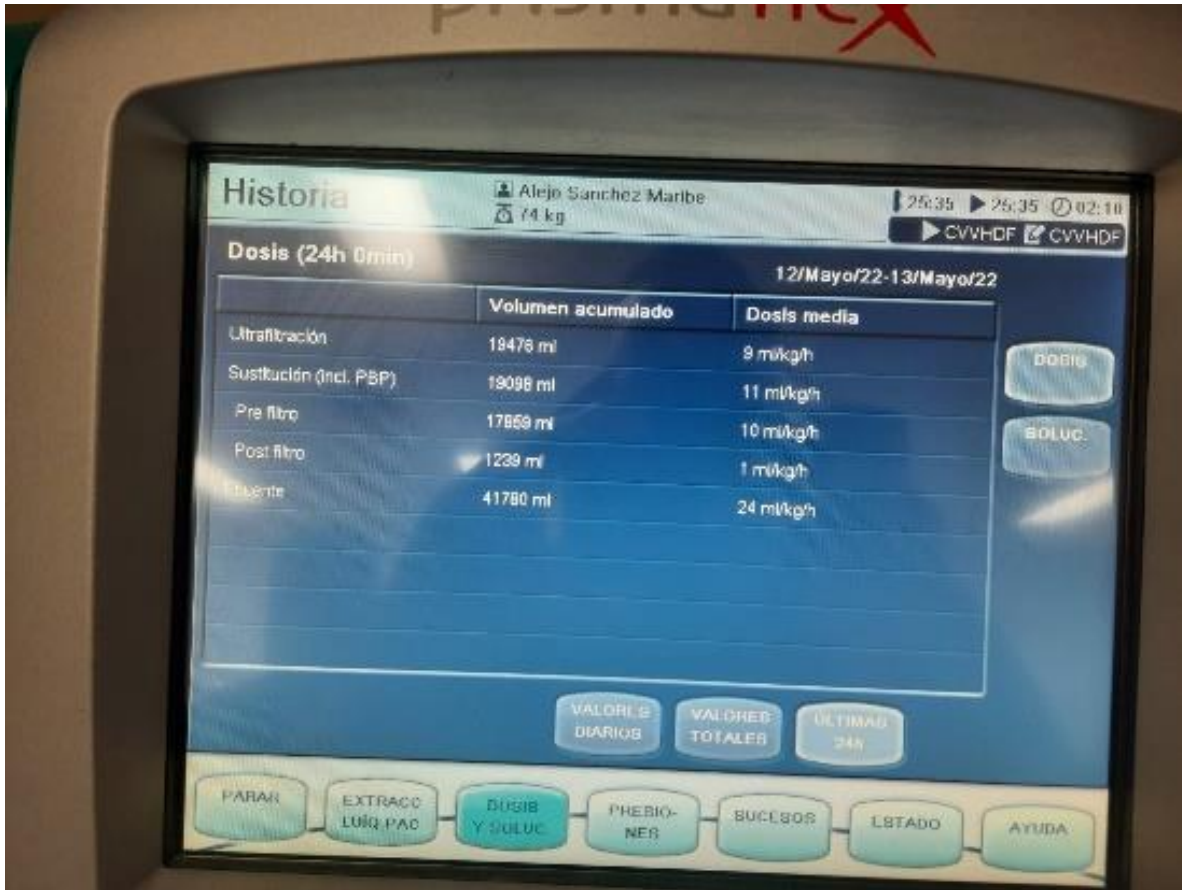
- B. S., Kang, S. W., Choi, K. H., & Oh, H. J. (2015). The effect of specialized continuous renal replacement therapy team in acute kidney injury patients treatment. *Yonsei medical journal*, 56(3), 658–665.  
<https://doi.org/10.3349/ymj.2015.56.3.658>
25. Ricci, Z., Tolwani, A., & Lumlertgul, N. (2020). Precision renal replacement therapy. *Current opinion in critical care*, 26(6), 574–580.  
<https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000776>
26. Wang, L., Li, J., Sun, S., Du, H., Chen, P., Xu, Y., Shen, Y., Xin, S., Dan, Y., Li, H., Chen, J., Li, Z., & Su, B. (2021). Predictors of successful discontinuation from renal replacement therapy during AKI: A meta-analysis. *Seminars in dialysis*, 34(2), 137–146.  
<https://doi.org/10.1111/sdi.12936>
27. Shin, J., Song, H. C., Hwang, J. H., & Kim, S. H. (2022). Impact of Downtime on Clinical Outcomes in Critically Ill Patients with Acute Kidney Injury Receiving Continuous Renal Replacement Therapy. *ASAIO journal (American Society for Artificial Internal Organs : 1992)*, 68(5), 744–752.  
<https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000001549>

## ANEXOS

Anexo 1. Cronograma de actividades.

	01/03/22 al 17/06/21	17/06/22 al 30/06/22	30/06/22 al 28/02/23	01/03/23 al 20/03/23	21/03/23 al 30/04/23
Redacción de protocolo de investigación					
Sometimiento a comité de investigación					
Obtención de expedientes y Recolección de datos					
Análisis de resultados					
Escritura de proyecto final					

Anexo 2. Pantalla de equipo de terapia de reemplazo renal continuo (Prismaflex), donde se realiza la medición de los parámetros para la obtención de Downtime.



Anexo 3. Pantalla de equipo de terapia de reemplazo renal continuo (Prisma), donde se realiza la medición de los parámetros para la obtención de Downtime.

The screenshot displays the Prisma dialysis machine's therapy monitoring interface. At the top, there is a navigation bar with icons for 'Anular', 'Historial', 'Ajustes', 'Sistema', 'Bloquear', and 'Ayuda', along with the date and time '17 Dec 2022 20:46:07' and a 'Detener' button. A green progress indicator shows 'Suministro Porcentaje' at approximately 75%.

The main display area shows therapy details for 'Dosis' (Dose) on '16/Dec/2022 01:00 a 17/Dec/2022 20:45'. The parameters listed are:

- Fecha de inicio de terapia: 16/Dec/2022 18:10:47
- Tiempo de tratamiento total: 26:35 h:min
- Intervalo de dosis: 24 horas
- Hora de inicio de dosis: 01:00 h:min

Below this, there are two data tables. The first table shows 'Últimas 24 h' (Last 24 hours) data:

Volumen	Últimas 24 h	Dosis
Ultrafiltración (UF) - Prescrito	20782 ml	11.8 ml/kg/h
Ultrafiltración (UF) - Suministro	19893 ml	11.3 ml/kg/h
Sustitución (incl. PBP)	19357 ml	11.8 ml/kg/h
Prefiltrado	9724 ml	5.9 ml/kg/h
Posfiltrado	9633 ml	5.9 ml/kg/h

The second table shows 'Diario' (Daily) and 'Total' data:

Volumen	Diario	Últimas 24 h	Total
Efl.	32340 ml	39385 ml	43778 ml
PBP	7986 ml	9724 ml	10790 ml
Dial.	16009 ml	19492 ml	21629 ml
Reempl.	7911 ml	9633 ml	10689 ml
Jer.	35 ml	41 ml	45 ml

At the bottom, it indicates 'Periodo 1 de 2' and provides instructions to use arrow keys for other recording periods. A 'Cerrar' (Close) button is located in the bottom right corner.

## Anexo 4. Base de datos en programa IBM SPSS Statistics versión 28.0.0.0 (190)

BASE DE DATOS.sav [Conjunto\_de\_datos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Marketing directo Gráficos Utilidades Ventana Ayuda

1: Índice\_resistivo\_re... 68 Visible: 39 de 39 variables

	Nombre	Edad	Sexo	SOFA	APACHE_II	SAPS_II	Mortalidad	Cardiaco	Neurocrítico	Sepsis	Autoinmune	Quirúrgico	Oliguria	Acidosis_metabólica	Hiperkalemia	Sobre
1	ASM	39	0	15	25	60	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0
2	CFR	73	0	14	30	50	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
3	FAN	60	1	16	31	67	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0
4	CZJ	67	1	16	30	71	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0
5	CFA	55	0	21	40	80	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0
6	ESD	48	1	14	21	65	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0
7	GGMC	51	0	20	38	76	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
8	NGA	38	1	14	32	42	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0
9	TVG	63	1	9	28	72	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
10	REMR	59	0	8	19	52	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
11	MHP	51	1	14	15	43	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1
12	MMMA	18	0	19	68	24	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1
13	FMC	46	0	14	28	49	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0
14	ZQKJ	27	0	17	41	33	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																

Vista de datos Vista de variables

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode: ON

BASE DE DATOS.sav [Conjunto\_de\_datos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Marketing directo Gráficos Utilidades Ventana Ayuda

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	Nombre	Cadena	34	0		Ninguna	Ninguna	6	Izquierda	Nominal	Entrada
2	Edad	Numérico	12	0	Edad	Ninguna	Ninguna	5	Izquierda	Escala	Entrada
3	Sexo	Cadena	12	0	Sexo (1 = hom...	Ninguna	Ninguna	6	Izquierda	Nominal	Entrada
4	SOFA	Numérico	12	0	SOFA	Ninguna	Ninguna	6	Derecha	Escala	Entrada
5	APACHE_II	Numérico	12	0	APACHE II	Ninguna	Ninguna	10	Derecha	Escala	Entrada
6	SAPS_II	Numérico	12	0	SAPS II	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
7	Mortalidad	Numérico	12	0	Mortalidad	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Nominal	Entrada
8	Cardiaco	Numérico	8	0	Grupo de caus...	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Nominal	Entrada
9	Neurocrítico	Numérico	8	0	Grupo de caus...	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Nominal	Entrada
10	Sepsis	Numérico	8	0	Grupo de caus...	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Nominal	Entrada
11	Autoinmune	Numérico	8	0	Grupo de caus...	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Nominal	Entrada
12	Quirúrgico	Numérico	8	0	Grupo de caus...	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Nominal	Entrada
13	Oliguria	Numérico	8	0	Criterio de requ...	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Nominal	Entrada
14	Acidosis_m...	Numérico	8	0	Criterio de requ...	Ninguna	Ninguna	14	Derecha	Nominal	Entrada
15	Hiperkalemia	Numérico	8	0	Criterio de requ...	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Nominal	Entrada
16	Sobrecarga...	Numérico	8	0	Criterio de requ...	Ninguna	Ninguna	13	Derecha	Nominal	Entrada
17	Filtro	Numérico	12	0	Filtro (0 = Oxiri...	Ninguna	Ninguna	14	Derecha	Nominal	Entrada
18	VEVUS_inicial	Numérico	12	0	VEVUS inicial	Ninguna	Ninguna	14	Derecha	Nominal	Entrada
19	Vena_cava_...	Numérico	12	1	Vena cava inferi...	Ninguna	Ninguna	14	Derecha	Escala	Entrada
20	Presión_ven...	Numérico	12	0	Presión venosa...	Ninguna	Ninguna	14	Derecha	Escala	Entrada
21	Índice_urina...	Numérico	12	2	Índice urinario i...	Ninguna	Ninguna	14	Derecha	Escala	Entrada
22	Índice_resis...	Numérico	12	2	Índice resistivo ...	Ninguna	Ninguna	14	Derecha	Escala	Entrada
23	Índice_resis...	Numérico	4	2	Índice resistivo ...	Ninguna	Ninguna	14	Derecha	Escala	Entrada
24	Downtime_p...	Numérico	8	2	Downtime (porc...	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada

Vista de datos Vista de variables

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode: ON





**SALUD**  
SECRETARÍA DE SALUD



Dirección de Investigación y Enseñanza  
Comité de Investigación

Ciudad de México, a 22 de febrero de 2023  
No. de Oficio: CI/046/2023  
Asunto: **Carta de Aceptación**

**DR. RICARDO RODRÍGUEZ VILLANUEVA**

Médico Residente  
Presente

En relación al proyecto de tesis titulado **"COMPARACIÓN DE DOWNTIME Y FUN/BUN PARA EVALUACIÓN DE LA MONITORIZACIÓN DE LA RESPUESTA A LA TERAPIA DE REEMPLAZO RENAL CONTINUA EN PACIENTES CRÍTICAMENTE ENFERMOS."**, con número de registro **HJM 077/22-R**, bajo la dirección de la DRA. JÉSSICA GARDUÑO LÓPEZ; fue evaluado por el Subcomité para Protocolos de Tesis de Especialidades Médicas, quienes dictaminan:

**"ACEPTADO"**

A partir de esta fecha queda autorizado y podrá dar inicio al protocolo. La vigencia para la culminación del proyecto es de un año.

Le informo también que los pacientes que ingresen al estudio, solamente serán responsables de los costos de los estudios necesarios y habituales para su padecimiento, por lo que cualquier gasto adicional que sea necesario para el desarrollo de su proyecto deberá contar con los recursos necesarios para cubrir los costos adicionales generados por el mismo.

Cualquier cambio al protocolo aceptado deberá ser solicitado por oficio enmienda en formato libre.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

**Atentamente**

  
**Dr. Juan Manuel Bello López**  
Presidente del Comité de Investigación  
Hospital Juárez de México

JMBL/ NCMV /MALM



**Lista de Cotejo de Validación de Tesis de Especialidades Médicas**

<b>Fecha</b>	25	Mayo	2023
	día	mes	año

INFORMACIÓN GENERAL (Para ser llenada por el/la Médico/a residente)					
<b>No. de Registro del área de protocolos</b>	Si	X	No	<b>Número de Registro</b>	HJM 077/22-R
<b>Título del Proyecto: Comparación de Downtime y FUN/BUN para evaluación de la monitorización de la respuesta a la terapia de reemplazo renal continua en pacientes críticamente enfermos</b>					
<b>Nombre Residente</b>	Ricardo Rodríguez Villanueva				
<b>Director de tesis</b>	Jessica Garduño López				
<b>Director metodológico</b>	Jessica Garduño López				
<b>Ciclo escolar que pertenece</b>	2022 – 2024	<b>ESPECIALIDAD</b>	Medicina Crítica		
INFORMACIÓN SOBRE PROTOCOLO/TESIS (Para ser validado por la División de Investigación/SURPROTEM)					
<b>VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD</b>	<b>HERRAMIENTA</b>	<b>Plagios</b>		<b>PORCENTAJE</b>	9%
<b>COINCIDE TÍTULO DE PROYECTO CON TESIS</b>			SI	X	NO
<b>COINCIDEN OBJETIVOS PLANTEADOS CON LOS REALIZADOS</b>			SI	X	NO
<b>RESPONDE PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</b>			SI	X	NO
<b>RESULTADOS DE ACUERDO CON ANÁLISIS PLANTEADO</b>			SI	X	NO
<b>CONCLUSIONES RESPONDEN PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</b>			SI	X	NO
<b>PRETENDE PUBLICAR SUS RESULTADOS</b>			SI		NO X
VALIDACIÓN (Para ser llenada por el área de Posgrado)					
Si	X	<b>Comentarios: Se recomienda ampliar y ordenar discusión y conclusión de acuerdo con sus objetivos. La tesis queda validada para continuar su trámite en enseñanza.</b>			
No					

VoBo.  
  
 SURPROTEM/DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN