



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

**HOSPITAL GENERAL DE MÉXICO**  
**“DR. EDUARDO LICEAGA”**

**ÍNDICE DE PERFUSIÓN COMO AUXILIAR EN LA REALIZACIÓN DE  
MEDIDAS DE RESPUESTA A VOLUMEN EN PACIENTES  
HEMODINÁMICAMENTE INESTABLES**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL:  
TÍTULO DE ESPECIALISTA  
EN:  
**MEDICINA CRÍTICA**

PRESENTA:  
**CUAUHTÉMOC ZIRAHUEN CINENCIO FERREYRA**

TUTOR-DIRECTOR DE TESIS Y/O  
DR. ALFONSO CHÁVEZ MORALES  
DR. JOSÉ GUILLERMO ESPINOSA RAMÍREZ



CIUDAD DE MÉXICO 2023



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## INDICE

<b>INDICE</b>	<b>2</b>
<b>RESUMEN ESTRUCTURADO</b>	<b>2</b>
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>3</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>8</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>8</b>
<b>HIPÓTESIS</b>	<b>9</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>10</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>10</b>
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	<b>15</b>
<b>ASPECTOS ÉTICOS Y DE BIOSEGURIDAD</b>	<b>16</b>
<b>RELEVANCIA Y EXPECTATIVAS</b>	<b>17</b>
<b>RECURSOS DISPONIBLES (HUMANOS, MATERIALES Y FINANCIEROS)</b>	<b>17</b>
<b>RECURSOS NECESARIOS</b>	<b>17</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>17</b>
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>21</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>22</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>22</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>23</b>

## **ÍNDICE DE PERFUSIÓN COMO AUXILIAR EN LA REALIZACIÓN DE MEDIDAS DE RESPUESTA A VOLUMEN EN PACIENTES HEMODINÁMICAMENTE INESTABLES.**

### **RESUMEN**

**Antecedentes:** El estado de choque se caracteriza por una desregulación entre el aporte y consumo de oxígeno que conlleva a disfunción celular, ante el estudio de un paciente con datos de inestabilidad hemodinámica, se ha hecho el abordaje desde el ingreso del oxígeno pasando por el transporte, la funcionalidad de la bomba cardíaca hasta la disponibilidad, el consumo y la extracción a nivel celular. El manejo se ha dado en base a la mejora del volumen sistólico y por ende del gasto cardíaco con la finalidad de incrementar la perfusión a nivel tisular por medio de las respuestas a volumen. Para valorar dichas maniobras desde sus inicios se han realizado métodos de monitorización con maniobras de tipo estático y dinámico en la cual el catéter de Swan-Ganz es el estándar de oro para valorar el gasto cardíaco y a partir de ahí se han realizado medidas alternativas como líneas arteriales o catéteres que miden de forma indirecta el mismo gasto, así como monitorización no invasiva como la medición del Índice de Velocidad Tiempo por medio de la ecografía o el USCOM, actualmente se ha puesto el interés en la curva de pletismografía y en especial con el Índice de Perfusión ya que es una manera indirecta de la correlación en el volumen arterial a nivel tisular relacionado con el ciclo cardíaco.

**Métodos:** en pacientes con datos de inestabilidad hemodinámica se midió el índice de perfusión (monitor Philips) el índice de velocidad tiempo (ultrasonido affinity 70) antes y durante la elevación pasiva de piernas y en base a ello se decidió la respuesta a volumen.

**Conclusión:**

### **Palabras clave:**

Choque, índice de perfusión, respuesta a volumen.

## **ÍNDICE DE PERFUSIÓN COMO AUXILIAR EN LA REALIZACIÓN DE MEDIDAS DE RESPUESTA A VOLUMEN EN PACIENTES HEMODINÁMICAMENTE INESTABLES.**

## 1. ANTECEDENTES

### 2. DEFINICIÓN DE CHOQUE

El estado de choque es una entidad de inadecuada utilización del oxígeno celular y resulta como una expresión total de una falla circulatoria (1) alrededor del 30 % de los pacientes ingresados en una Unidad de Cuidados Intensivos se encuentran en estado de choque (2), el orden corresponde a un 62% choque séptico, 16% hipovolémico, 16 % a otros tipos de choque distributivo y el 4 % restante a obstructivo (1,2).

El abordar esta patología desde el punto de vista fisiológico nos encamina al encontrar un paciente con desequilibrio del aporte y el consumo de oxígeno a nivel celular (3), que clínicamente se manifiesta como una alteración hemodinámica con hipotensión, alteraciones en el llenado capilar, alteraciones de la uresis y un grado de afección neurológica (1,2,3).

Dentro del punto de vista fisiopatológico, si tomamos como punto clave el desequilibrio que hay en la baja disponibilidad de oxígeno que afecta una adecuada perfusión tisular, el primer mecanismo que tiene la célula para compensar esta carencia, encontrar vías alternas de generación de energía, anaerobias (2,3); al ser un mecanismo ineficaz y con alta generación de metabolitos reactivos, comienzan a demostrarse alteraciones en la funcionalidad de las bombas de la pared celular, estas a su vez desencadenan un intercambio inadecuado de los contenidos citoplasmáticos tanto al exterior como al interior de ésta (4), lo que en algún momento implicara la alteración de la arquitectura del citoesqueleto, cambios súbitos de osmolaridad, por otro lado no solo la membrana del exterior se daña ya que la funcionalidad mitocondrial depende principalmente de la entrada del oxígeno para iniciar la cadena respiratoria (3,4); así que el modo de compensación aún, ante estas bajas cantidades de oxígeno, se optimiza en procesos de respiración celular, que al agotarse(2), provoca un estado de anaerobiosis con producto final esperado el piruvato (4); éste se transforma para dar paso a la producción del lactato y así entrar en un ciclo de generación de energía anaerobia(3,4).

Por lo tanto al hablar de la relación que existe entre el aporte y el consumo de oxígeno, se puede determinar que estos son independientes el uno del otro (2), siempre y cuando la actividad metabólica y la producción de energía no se vean afectadas. Una vez llegado a un punto crítico en el que el consumo dependa de la disponibilidad, se estará hablando de una actividad crítica en la que los procesos de anaerobiosis no son capaces de sostener la actividad celular por lo que la salida de hidrogeniones así como los contenidos celulares al espacio intersticial y la producción alterada de calcio al interior de la célula (1,2), la liberación de especies reactivas de oxígeno en las membranas genera disfunción de bombas y el inicio de mecanismos apoptóticos produciendo en su conjunto una disfunción sistémica progresiva y potencialmente irreversible (3).

Schumacker en 1987, describe como la independencia tanto de la disponibilidad como del consumo se ven intercedidas por la extracción de oxígeno a nivel celular, hasta el punto crítico en donde la propia extracción se ve afectada por factores no dependientes de ATP así como de las especies reactivas de oxígeno (5), mismas que se incrementan en un entorno hipóxico hiperlactatémico, sostenido por un estado de hipoperfusión dependiente de un volumen sistólico ineficiente así como de una cascada inflamatoria que perpetúa la disfunción mencionada(6).

Esta disfunción celular no solo se da por una disponibilidad alterada, ya que el oxígeno por sí solo no puede viajar en el torrente sanguíneo, cabe aclarar que si hay una cantidad disuelta a nivel plasmático y se ha medido en 0.0031 ml/L de plasma, y la cantidad que se encuentra agregada a la hemoglobina 1.34 ml/dL (7), cuando el volumen eyectado del ventrículo izquierdo es insuficiente, y se encuentre por debajo de lo niveles para perfundir una superficie dada, esto no disminuye la cantidad de oxígeno por cada gramo de hemoglobina, pero los factores agregados como la temperatura, el pH, las cantidades del 2,3 difosfoglicerato, la pCO<sub>2</sub> y todos aquellos factores que afecten una captación de oxígeno por la hemoglobina, pueden afectar la disponibilidad(4), por eso cuando se explica en las gráficas de Schumacker de la independencia de las variables de Aporte (DO<sub>2</sub>) y Consumo de Oxígeno (VO<sub>2</sub>)(5), también tendrían que intervenir las demás variables, ya que el estado de choque es un proceso complejo y los factores citológicos derivados de la hipoperfusión sostenida irreversiblemente llevarán a una muerte celular(2,4).

### 3. FISIOPATOLOGÍA DE LA RESPUESTA A VOLUMEN

El oxígeno fluye a través de los vasos sanguíneos, que forman una serie de calibre variable hasta formar una red de capilares en la porción distal tisular, lo que permite intercambiar en todos los tejidos el oxígeno de acuerdo con la demanda de estos (8). Este flujo es llevado de forma laminar por lo que existen varios niveles en forma cilíndrica, lo que a manera de un pistón van recorriendo el trayecto del vaso de menor a mayor velocidad ejerciendo una fuerza excéntrica en las paredes, produciendo resistencia al flujo, permitiendo que la parte central recorra el trayecto a mayor velocidad (9).

Este fluido tiene efecto en su trayecto a nivel del sistema vascular, a través de los barorreceptores, al ejercer una fuerza contra las paredes de los vasos, estos responden de manera automática con una fuerza directamente proporcional a la ejercida para impulsar al propio flujo a las porciones más distales (8).

Al llegar el flujo a los capilares, confieren un tono que determina las resistencias vasculares sistémicas que a su vez repercute en la fuerza de contracción miocárdica, determinante del gasto cardíaco (8,9), de manera favorable, intervienen la perfusión de un área determinada de superficie corporal (9).

La relación que existe entre el flujo, medido en volumen, así como las resistencias periféricas y la frecuencia con que se impulsa este mismo, forman parte de los factores determinantes de la tensión arterial adecuados por factores autónomos para mantener una perfusión a nivel tisular. Por lo tanto, estos factores mantienen constante un volumen por cada latido cardíaco, denominado el volumen sistólico, lo que a su vez mantiene un gasto cardíaco (9).

Este último es el responsable de que el transporte del oxígeno sea efectivo, para ser intercambiado a nivel tisular; en un evento de choque, la disponibilidad de oxígeno es reducida, lo que nos lleva a buscar las causas que condicionaron este estado; por tanto es obligado buscar los determinantes del gasto cardíaco, puesto que para generar una adecuada perfusión tisular también se requiere que el músculo cardíaco tenga adecuada contractilidad para generarla, requiriendo el volumen que retorna del sistema venoso vasos venosos y la resistencia que se ejerza a nivel capilar.

Por tanto, el volumen juega el papel fundamental para perfundir una superficie determinada, y esto nos habla del trabajo cardíaco (9).

Al hablar de la cantidad de volumen necesario para mantener un área de superficie perfundida, y que esta sea suficiente para modificar los parámetros de disponibilidad, consumo y extracción de Oxígeno, hablaremos de la modificación del gasto cardíaco por dos vertientes, el volumen sistólico y el retorno venoso (10), que refleje no solo en la cantidad de líquido administrado sino en la velocidad a la que es infundido para provocar un cambio en la presión arterial media, y a esto se le denomina respuesta a volumen (11).

Estas maniobras se han realizado con la finalidad de valorar la respuesta que pueda tener al paciente a la administración de solución para modificar el volumen sistólico y por ende la modificación en el gasto cardíaco (12) que provoque un cambio a nivel de la perfusión tisular y por consecuencia se mejoren los parámetros de disponibilidad y consumo de oxígeno (4,11).

#### **4. CURVA DE FRANK STARLING**

Se han hecho múltiples mediciones con diferentes estrategias tanto estáticas como dinámicas dentro de las cuales tenemos la elevación pasiva de extremidades inferiores, la administración de líquidos con 250 mililitros de solución hasta 500 para valorar que tanto es respondedor el paciente, y en los casos en los que el paciente no tiene buena tolerancia a la administración de líquidos se han hecho “minirretos” con 100 ml de solución Ringer lactato o salina al 0.9% (12), finalmente los pacientes que si son respondedores a volumen se dirigen y el la representación gráfica de Frank Starling (13), en la cual el gasto cardíaco se ve incrementado ante la administración de solución en una fase inicial y con el mínimo de volumen administrado hay un reflejo de rápido incremento del gasto cardíaco, y esto lo podemos definir como la primera fase de la reanimación que es una fase activa y hasta cierto punto donde el paciente tolera cantidades de volumen importantes (12, 13), pero esto tiene un período de desaceleración en el incremento del gasto cardíaco cuando la curva se encuentra una fase de meseta, lo cual corresponde un estado en el cual, la reanimación se tiene que optimizar(13).

#### **5. OBJETIVO DE LA REANIMACIÓN CON LIQUIDOS**

Al haber hecho una prueba de respuesta lo que valoramos son los cambios reflejados en el gasto cardíaco determinando que un incremento de éste en un 15% es positivo por la carga de volumen administrado, lo que conlleva fisiológicamente a cambios directos en la perfusión tisular por ende habrá cambios en las propias determinantes del gasto y reflejado de igual manera en el llenado capilar, en los niveles de lactato y propiamente en la perfusión tisular(11,13).

#### **6. OXIMETRÍA DE PULSO**

Desde la invención del oxímetro de pulso en 1970, se ha utilizado a la plestismografía como un modo de monitorización no invasiva que hasta el día de hoy ha servido para monitorización en las áreas de quirófano y muy recientemente por las unidades de cuidados intensivos (14), el principio básico de la plestismografía a través de una luz infrarroja que atraviesa el tejido convirtiendo la información por la captación del oxígeno y que se transmite por un sensor eléctrico que modifica la información en forma de ondas, esto nos da la imagen pletismográfica que conocemos hoy en día (15).

Convencionalmente una luz infrarroja que cruza el tejido se transmite a través de diferentes intensidades, transmitiendo a un fotodetector lo que a través de reflexión de la luz convierte la información en pulsos gráficos, estos registros se miden a través de dos ondas que permiten que una

luz roja de (660 nm) y una infrarroja (940 nm) que son absorbidas por la oxihemoglobina y desoxihemoglobina respectivamente (14).

## 7. ÍNDICE DE PERFUSIÓN

El índice de perfusión representa la variabilidad de volumen a nivel arterial durante el ciclo cardíaco (14, 16). La señal de la luz infrarroja se sincroniza con el gasto cardíaco emitiendo un registro de la descomposición de la luz, la cual se transmite como ondas pulsátiles y no pulsátiles, que se sincronizan durante la sístole denominada como “corriente alterna” y simbolizado como (AC) (14), esta corriente debido a su absorción y reflexión en los vasos pulsátiles, emiten haces de luz que varía con la presión arterial, estos haces se modifican ante las variaciones de volumen, por lo tanto, no representan una medida directa de flujo, pero si la variación del volumen arterial durante el ciclo cardíaco (14, 15).

Por otro lado, existe una luz que no es pulsátil y se encuentra como una luz continua que se absorbe en el resto de los tejidos como los vasos venosos, la piel, hueso y anexos, esta luz continua se denomina “corriente directa”, esta se simboliza como (DC), al tener una relación entre la luz pulsátil no absorbible y la corriente directa, se saca un cociente lo que se denomina Índice de Perfusión.

Dentro de los parámetros que se han establecido para determinar un valor de normalidad del índice de perfusión se han tomado rangos muy amplios desde 2 – 3 % (17) determinando que el índice se incrementa con cada latido cardíaco y disminuye en la diástole aunque es muy evidente que tiene una relación con el volumen latido (15), se han hecho múltiples estudios en los cuales se determinó los factores que influyen para determinar una variabilidad en sus valores y ver cuales son los factores que afectan para su detección (17), dentro de los cuales se han asociado los mismos que para una detección de una pletismografía idónea como la temperatura, el uso de vasopresores a dosis supra óptimas, el color de la piel, el uso de barniz en las uñas, la vasoplejia; siendo las causas más comunes de modificación (14).

Por lo tanto, las variaciones en el incremento del índice de perfusión en pruebas como la elevación pasiva de extremidades se han observado en 9% de acuerdo con el basal obtenido, así como la disminución de este con la depleción de volumen (14).

Cabe la pena resaltar que existe una condición en la cual el índice de perfusión se verá fuertemente relacionado con el volumen sistólico y la respuesta a volumen, y es el escenario en donde se encuentra a un paciente con inestabilidad hemodinámica bajo ventilación mecánica (17), esto secundario a la condición fisiológica que tiene la interacción corazón pulmón (18), el volumen sistólico se verá disminuido por la disminución del retorno venoso ante la presión positiva, por lo tanto el gasto cardíaco estará por debajo de los rangos normales, por lo tanto el índice de perfusión estará por debajo del 2% (14).

Estudios como los expuestos por Teboul y Monnet en los cuales se han dedicado a la monitorización del gasto cardíaco y la respuesta a volumen mediante pruebas como la elevación pasiva de piernas, la prueba de oclusión al final de la expiración, la respuesta al mini reto de volumen (13), han obtenido una predicción para responder al mismo, basándose en los cambios de porcentaje del índice de velocidad tiempo del tracto de salida del ventrículo izquierdo medido ya sea por rastreo ecocardiográfico o USCOM, y recientemente la monitorización por el índice de perfusión.



Otro estudio como el de Beurton y Teboul en 2019 en donde se compara la elevación pasiva de piernas y el índice de perfusión teniendo un incremento del 9% sobre el valor basal se comparó con el índice cardíaco teniendo un incremento en un 10% de su valor basal, por lo que hubo una asociación positiva al mismo, con una sensibilidad del 91% y una especificidad del 79% y un área bajo la curva de 0.89 lo que en marcaba una respuesta favorable a la utilización del índice de perfusión como una maniobra dinámica para dirigir la reanimación.

## **8. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las medidas de respuesta a volumen son maniobras utilizadas frecuentemente en las unidades de cuidados intensivos con la finalidad de iniciar una terapéutica idónea y adecuada a pacientes en estado de choque; debido a que la monitorización para llevar a cabo éstas, se ha realizado e investigado con técnicas que determinen el gasto cardíaco como Catéter de Swan-Ganz, que es el estándar de oro así como monitorizaciones alternativas como la variabilidad de la presión del pulso, variabilidad del volumen sistólico, determinación del Índice de Velocidad Tiempo (IVT) por ultrasonido y el USCOM entre otros, no todas las unidades de cuidados intensivos se tienen disponibles estos métodos de evaluación del volumen sistólico, por lo que deben optar por mediciones alternativas tales como la gasometría venosa y arterial así como la pulsioximetría que mida el índice de perfusión; basadas en la fisiopatología del estado de choque, permiten de manera indirecta identificar la afinidad del oxígeno por la hemoglobina y la liberación de oxígeno para llevar a cabo una idónea perfusión tisular.

Considerando que en las Unidades de Urgencias, Cuidados intensivos y Quirúrgicas, no se cuenta con los equipos e insumos necesarios para el monitoreo hemodinámico no invasivo y medición de respuesta a volumen, surge la necesidad de proponer un método no invasivo, económico a la cabecera del paciente en donde este internado, que determine si la reanimación hídrica basada en metas es adecuada, que sea alternativo a la instalación de catéter de Swan-Ganz, Ultrasonido cardíaco ó medición de agua pulmonar, como lo es el índice de perfusión.

## **9. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿El índice de perfusión es válido como monitorización no invasiva para valorar respuestas a volumen en pacientes hemodinámicamente inestables?

## **10. JUSTIFICACIÓN**

Las medidas de respuesta a volumen se han realizado en pacientes con inestabilidad hemodinámica de forma sistematizada, con instrumentos que miden el gasto cardíaco desde el estándar de oro como lo es el catéter de Swan-Ganz y a partir de ahí las medidas alternativas como lo son el ultrasonido con la medición del Índice de Velocidad Tiempo (IVT) o USCOM como instrumentos fidedignos para la medición de éste, no sin antes mencionar catéteres que valoran la saturación Venosa como el Flowtrac y Cheetah, catéter Edwards entre otros, pero no en todas las unidades de cuidados intensivos se cuenta con estos recursos, por lo que una alternativa a estos métodos es la medición del Índice de Perfusión, ya con estudios preliminares como los realizados por el Dr. Monnet o Marik que han demostrado que la pletismografía y el mismo índice de perfusión han reflejado datos indirectos en respuesta a una maniobra de reanimación, al utilizar instrumentos como la medición de la oximetría de pulso con graficación de la curva pletismográfica y el índice de perfusión con instrumentos como el oxímetro hecho por Massimo, no existen las capacidades económicas en todas las instituciones para utilizar este tipo de ayuda tecnológica, sin embargo, hay otras marcas de monitores que pueden registrar el índice de perfusión como los que cuenta nuestra institución, por lo que es indispensable estudiar este tipo de variable no invasiva de fácil acceso para cualquier unidad de cuidados intensivos, así como áreas de Urgencias y unidades quirúrgicas que sí cuenten con este tipo de monitores.

## **11. HIPÓTESIS**

### **12. Hipótesis Nula**

El índice de perfusión es un marcador de monitorización no invasiva que reflejan un equivalente a la determinación del volumen sistólico ante las maniobras de respuesta a volumen en pacientes con choque séptico ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos.

### **Hipótesis Alterna:**

El índice de perfusión no es un marcador de monitorización no invasiva que refleja un equivalente a la determinación del volumen sistólico ante las maniobras de respuesta a volumen en pacientes con choque séptico ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos.

## **13. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo general**

Determinar si la medición del índice de perfusión es adecuado, para la reanimación del estado hemodinámico del paciente en estado crítico

### **5.2. Objetivos específicos**

Medir el índice de perfusión en las maniobras de respuesta a volumen

Relacionar los valores del índice de perfusión en las maniobras de respuesta a volumen.

Relacionar el tipo de patología de etiología quirúrgica o no quirúrgica desencadenante del estado hemodinámico inestable con las maniobras de respuesta a volumen.

## 14.METODOLOGÍA

### 6.1. Tipo y diseño de estudio

Estudio observacional prospectivo analítico

### 6.2. Población

La población será tomada de los pacientes ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital General “Dr. Eduardo Liceaga”, con datos de inestabilidad hemodinámica sujeto a una prueba de respuesta a volumen, independientemente de la etiología desencadenante ya sea quirúrgica o no quirúrgica.

### 6.3. Tamaño de la muestra

Se realizó con el programa G power para correlaciones bivariadas a una cola con correlación de 0.6 error alfa de 0.01 y poder de 90% requiriendo un tamaño de la muestra de 30 pacientes

### 6.4. Criterios de inclusión, exclusión y eliminación

#### Inclusión:

- Se tomarán en cuenta los expedientes de pacientes ambos sexos ingresados a la Unidad de Cuidados Intensivos que al momento de su ingreso estuvieran con un estado de colapso cardiovascular, basados en la definición operacional de Choque Circulatorio según el consenso de París de 2014, y que se les hayan practicado medidas de respuesta a volumen ya sea con Swan Ganz, rastreo ecocardiográfico por IVT, USCOM y que se haya hecho registro del índice de perfusión al inicio de la prueba

#### Exclusión:

- Se eliminarán los expedientes de los pacientes a los que no se les hayan realizado medidas de respuesta a volumen.

#### Eliminación:

- Todos aquellos pacientes que tengan inestabilidad hemodinámica pero que tengan contraindicación absoluta para realizar maniobras de respuesta a volumen o que fallezcan antes durante la vigilancia.

### 6.5. Definición de las variables

Independientes:

Dependientes:

Tabla de operacionalización de las variables

Variable	Definición Conceptual	Tipo de Variable	Unidad de Medición	Codificación
Sexo	Condición orgpanica masculina o femenina,	Cualitativa /Independiente	Nominal Dicotómica	Masculino(1)/Femenino(2)

	de los animales y las plantas			
Edad	Cada uno de los periodos en que se considera dividida la vida humana	Cuantitativa/Independiente	discreta	Años
Patología de ingreso	Condición de base antes de ingresar a la unidad de cuidados intensivos	Cualitativa/Independiente	Nominal Dicotómica	Quirúrgico(1) / No quirúrgico (2)
Temperatura	Magnitud física que expresa el grado de frío o calor de los cuerpos o del ambiente	Cuantitativa/Independiente	continua	Grados Centígrados
Tensión Arterial Media	Es la presión de perfusión de los órganos corporales determinada por 2 tercios de la presión diastólica sumado a la presión sistólica y dividida entre tres.	Cuantitativa/Independiente	Nominal Continua	Milímetros de Mercurio
Hemoglobina	Proteína encargada que junto con el hierro forman el grupo hem encargados del transporte de oxígeno a nivel sanguíneo	Cuantitativa/Independiente	Nominal Continua	Gramos / Decilitro de sangre
Saturación Capilar de Oxígeno	Fracción de la hemoglobina saturada en oxígeno con respecto a la hemoglobina total en sangre del paciente, representada en forma de porcentaje	Cuantitativa/Independiente	Nominal Continua	Porcentaje
Lactato	Es la forma ionizada del ácido láctico, producto final del metabolismo aerobio y que demarca el inicio de un metabolismo anaerobio	Cuantitativa/Independiente	Nominal Continua	Milimoles/litro
Disponibilidad de Oxígeno	Es el producto resultante calculado en la cascada de oxígeno del gasto cardíaco multiplicado por el contenido arterial del oxígeno	Cuantitativa/Dependiente	Discreta	Mililitros/minuto/superficie corporal
Consumo de Oxígeno	Es el producto resultante calculado en la cascada de oxígeno del gasto cardíaco multiplicado por la diferencia arterio venosa	Cuantitativa/Dependiente	Discreta	Mililitros/minuto/superficie corporal
Extracción de Oxígeno	Es la proporción calculada, resultante del consumo de oxígeno	Cuantitativa/Dependiente	Discreta	Porcentaje

	entre la disponibilidad de oxígeno			
Índice Mitocondrial	Es la resultante calculada de la diferencia arterio venosa entre el delta del dióxido de carbono	Cuantitativa/Dependiente	Discreta	<1.7
Gasto Cardíaco	Es el producto resultante del volumen sistólico multiplicado por la frecuencia cardíaca	Cuantitativa/Dependiente	Discreta	Litros/minuto
Volumen Sistólico	Es el volumen contenido en el ventrículo izquierdo al final de la diástole y es calculado ya sea por ecocardiografía como el área valvular izquierda elevada al cuadrado multiplicado por la constante de 0.785 y esto por el resultado del índice velocidad tiempo	Cuantitativa/Dependiente	Nominal continua	Mililitros/minuto
Índice de Perfusión	Es la variabilidad de luz infrarroja de corriente alterna entre la corriente directa que representa el volumen arterial en un ciclo del gasto cardiaco	Cuantitativa/Dependiente	Discreta	Porcentaje

## 6.6. Procedimiento

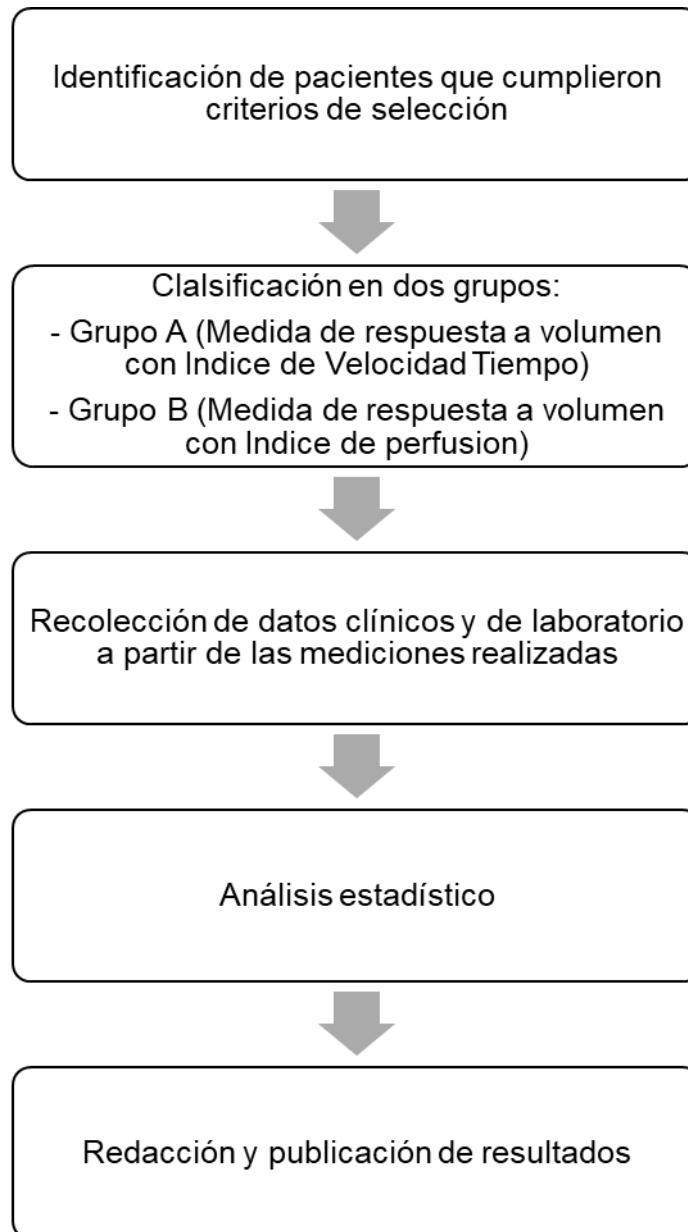
### Grupo 1

Se revisará la medición de la respuesta a volumen una vez identificado el paciente, con el protocolo establecido por Monnet y Teboul tanto para paciente ventilado como en respiración espontánea (11), si se trata de un paciente que se encuentra ventilado y las condiciones de la ventilación mecánica lo permiten, se pasara a un modo controlado por volumen con un Volumen Tidal de 8 ml/kg según su peso predicho, en caso de que el paciente se encuentre con ventilación espontánea se omitirá el paso anterior, se posicionara en supino y se hará mediante Ecocardiografía una primera medición del Índice de Velocidad Tiempo (IVT), posteriormente se elevarán las extremidades a 45° por un lapso de 1 minuto cronometrado y posteriormente se hará una segunda medición del IVT y se compararán los valores entre la primera y segunda medición, si existe una diferencia de más del 15% entonces se considerará que el paciente es respondedor a volumen.

### Grupo 2

Se realizará la medición de la respuesta a volumen una vez identificado el paciente, con el protocolo establecido por Beurton y Teboul tanto para paciente ventilado como en respiración espontánea (11), si se trata de un paciente que se encuentra ventilado y las condiciones de la ventilación mecánica lo permiten, se pasara a un modo controlado por volumen con un Volumen Tidal de 8 ml/kg según su peso predicho, en

caso de que el paciente se encuentre con ventilación espontánea se omitirá el paso anterior, se hará un primer registro del índice de perfusión con el que se encuentra antes de realizar la maniobra, se hará una elevación pasiva de piernas a 45° durante 1 minuto cronometrado, pasado este tiempo se hará una medición del índice de perfusión durante 12 segundos, y si éste se incrementa al menos un 9% del valor basal entonces se determinará que el paciente es respondedor a volumen.



#### 6.7. Análisis estadístico

Se determinarán promedios y desviaciones estándar para las variables cuantitativas (de acuerdo a su distribución), frecuencias y porcentajes para las variables cualitativas. La distribución de los datos se



Revisión de expedientes										
Organización y análisis de resultados										
Elaboración de discusión y conclusiones										
Redacción de tesis										
Redacción de artículo científico										
Envió de artículo y realizar correcciones										

## 16. ASPECTOS ÉTICOS Y DE BIOSEGURIDAD

1. El investigador garantiza que este estudio se apegó a la legislación y reglamentación de la Ley General de salud en materia de Investigación para la Salud, lo que brindo mayor protección a los sujetos del estudio.
2. De acuerdo al artículo 17 del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, este proyecto es considerado como investigación sin riesgo ya que únicamente se consultaron registros del expediente clínico y electrónico.
3. Los procedimientos de este estudio se apegaron a las normas éticas, al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación en Salud y se llevaron a cabo en plena conformidad con los siguientes principios de la "Declaración de Helsinki" (y sus enmiendas en Tokio, Venecia, Hong Kong y Sudáfrica) donde el investigador garantiza que:
  - a. Se realizó una búsqueda minuciosa de la literatura científica sobre el tema a realizar.
  - b. Este protocolo fue sometido a evaluación y
    1. Debido a que para el desarrollo de este proyecto únicamente se consultaron registros del expediente clínico y electrónico, y no se registraron datos confidenciales que permitan la identificación de las participantes, no se requirió carta de consentimiento informado.
    - d. Este protocolo fue realizado por personas científicamente calificadas y bajo la supervisión de un equipo de médicos clínicamente competentes y certificados en su especialidad.
    - e. Este protocolo guardó la confidencialidad de las personas.
4. Se respetaron cabalmente los principios contenidos en el Código de Nuremberg y el Informe Belmont

## 17. RELEVANCIA Y EXPECTATIVAS

Las medidas de respuesta a volumen y reanimación se han dado mediante técnicas validadas a partir del monitoreo invasivo con lo que las maniobras fidedignas hasta el momento realizadas como la variabilidad de volumen sistólico, así como la variabilidad de la presión del pulso se han mantenido como los referentes de pruebas dinámicas que no en todos los lugares y servicios se puede realizar, por eso una opción para



monitorización dinámica de la respuesta a volumen mediante el índice de perfusión es una opción de bajo costo y al alcance de cualquier servicio y de un adiestramiento sencillo.

**18. RECURSOS DISPONIBLES (HUMANOS, MATERIALES Y FINANCIEROS)**

Dr. Cuauhtémoc Zirahuen Cinencio Ferreyra, Dr. Alfonso Chávez Morales como recursos humanos, Expedientes clínicos de los pacientes, lápices plumas, computadora, hojas blancas y registro de los pacientes internados en la Unidad de Cuidados Intensivos en el periodo de estudio

**19. RECURSOS NECESARIOS**

Dr. Cuauhtémoc Zirahuen Cinencio Ferreyra, Dr. Alfonso Chávez Morales como recursos humanos, Expedientes clínicos de los pacientes, lápices plumas, computadora, hojas blancas y registro de los pacientes internados en la Unidad de Cuidados Intensivos en el periodo de estudio

**20. RESULTADOS**

De la población estudiada en la Terapia Intensiva Central del Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga” el 46.7% fueron mujeres y un 53.3% fueron hombres, con inestabilidad hemodinámica, que al momento de su ingreso, se determinaron como de origen quirúrgico en un 90% y el resto de origen no quirúrgico, de todos los pacientes ingresados, el 83.3% estuvieron bajo ventilación mecánica y el 16.7% no ventilados.

**DISTRIBUCION PARAMETRICA O NORMAL**

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
EDAD	30	52.60	15.071	2.752
TEMP	30	35.983	1.0000	.1826
TALLA	30	1.6183	.08964	.01637
IMC	30	27.0797	7.42887	1.35632
SC	30	1.7763	.24327	.04442
TAM	30	80.27	12.404	2.265
PVC	30	10.017	3.7794	.6900
GLUC	29	144.21	34.317	6.373
HB	30	10.593	2.5458	.4648
SO2	30	96.9333	2.27328	.41504
GAPACO2	30	35.183	5.7346	1.0470
GAHCO3	30	21.897	4.4464	.8118
GVPVCO2	30	40.787	7.5430	1.3772
GVSATVO2	30	69.577	9.5420	1.7421
GVHCO3	30	21.397	4.2123	.7690
PRECVO2	30	9.9290	2.90612	.53058
PRECCO2	30	13.7763	3.36711	.61475
PREDAVO2	30	3.5320	1.43468	.26194
PREEO2	30	.2653	.10034	.01832
PREEXTO2	30	.2653	.10034	.01832

PREDCO2	30	5.6033	5.82477	1.06345
PREGC	30	4.4803	1.91388	.34942
PREIC	30	2.5520	1.06617	.19466
PREVS	30	52.8793	16.98736	3.10145
PRERVS	30	1457.8840	671.36098	122.57318
PREIVT	30	16.9033	4.75637	.86839
POSTIC	30	2.7320	.98382	.17962
POSTVS	30	57.6800	17.86488	3.26167
POSTRVS	30	1314.7283	508.65781	92.86779
POSTIVT	30	19.3933	4.38476	.80054
DELTAIVT	30	19.4405	5.46947	.99858

En cuanto a las características clínicas al momento de la medición, la media de la edad se encuentra en 52.6 años, un IMC de 27.07, una TAM 80.27 mmHg, la PVC 10.01 cmH2O, las glucosas se encontraron en una media de 144.20 mg/dL, Hb 10.59 g/dL, con una media de saturaciones 96.93 % con el FiO2 41%, y la saturación venosa 69.57%.

En cuanto a las variables de Gasto Cardíaco, índice Cardíaco, Volumen Sistólico, Índice de Velocidad Tiempo e Índice de Perfusión, fueron determinadas como variables no paramétricas y se hizo una correlación de Spearman, estas variables se midieron en dos fases, previo a una respuesta a volumen con elevación pasiva de piernas, y posterior a la elevación de las extremidades para determinar el cambio que existió y se encontró lo siguiente.

ETIOLOGÍA DE INGRESO					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	QUIRURGICO	27	90.0	90.0	90.0
	MEDICO	3	10.0	10.0	100.0
	Total	30	100.0	100.0	

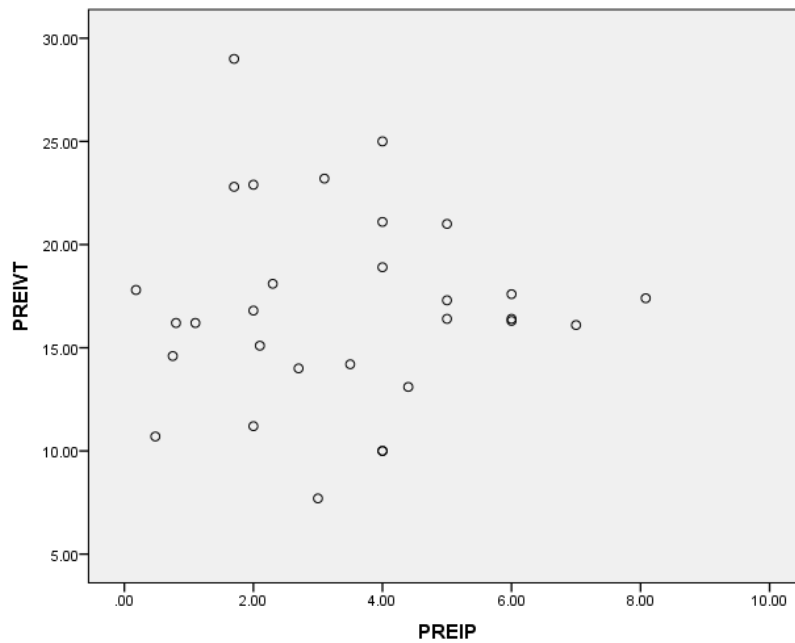
El GC y el IVT previo a la maniobra de respuesta a volumen se encontró una significancia bilateral de 0.30, posterior a la maniobra la significancia fue de 0.74; en cuanto a la correlación que hubo entre el IVT y el IP previo a la elevación de extremidades la significancia fue 0.836, de la misma manera, el volumen sistólico medido correlacionado con el índice de perfusión previo a las maniobras tuvo una significancia 0.813; así mismo se midió entre el gasto cardíaco y el índice cardíaco previo a las maniobras con el índice de perfusión y de estas su significancia fue de 0.623.

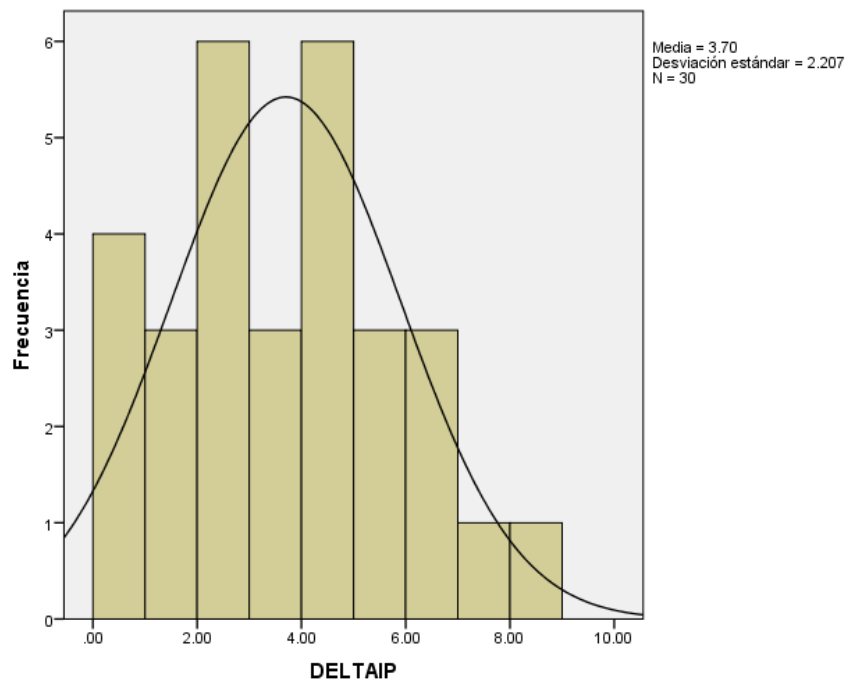
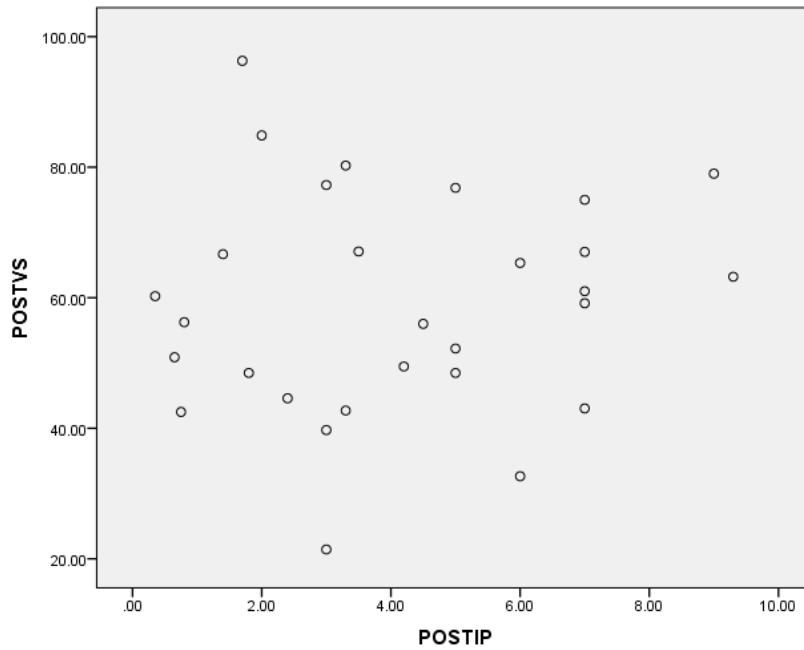
Al medir las variables, posterior a las maniobras de respuesta a volumen, el índice de perfusión con el gasto cardíaco su significancia fue 0.990, con el índice cardíaco 0.638 y con el volumen sistólico 0.505, y el índice de velocidad tiempo 0.765.

Por último, se calculó un delta del IVT y del IP por cada medición, para asegurar que el incremento de estos se relacionara con una relación positiva a las maniobras de respuesta a volumen, tomando en cuenta un incremento del 13% para el IVT y un 9% para el índice de perfusión, por lo que la significancia entre estos fue 0.836.

**Correlaciones**

			PREIP	PREIC	PREGC
Rho de Spearman	PREIP	Coefficiente de correlación	1.000	-.061	-.093
		Sig. (bilateral)	.	.750	.623
		N	30	30	30
	PREIC	Coefficiente de correlación	-.061	1.000	.910**
		Sig. (bilateral)	.750	.	.000
		N	30	30	30
	PREGC	Coefficiente de correlación	-.093	.910**	1.000
		Sig. (bilateral)	.623	.000	.
		N	30	30	30





## 21. DISCUSIÓN

El índice de perfusión se está estudiando como una alternativa a las medidas convencionales ya establecidas para la determinación de una respuesta a volumen de forma dinámica a las ya conocidas como la variabilidad de volumen sistólico o la variabilidad de la presión del pulso, estas medidas de forma invasiva con la colocación de una línea arterial, pero existen sitios fuera de una terapia intensiva que presentan inestabilidad hemodinámica y no se tienen los insumos para la monitorización de estos pacientes y requieren de una

reanimación dirigida, por lo que una maniobra no invasiva al alcance de cualquier centro hospitalario es la medición del índice de perfusión.

Al encontrar que, si existe una correlación entre el gasto cardíaco, el índice cardíaco y el volumen sistólico tras las maniobras de respuesta a volumen, aunque esta aún es de significancia moderada, si hay una respuesta positiva para este tipo de maniobras y una dirección para encausar próximos estudios, en los cuales se haga con mayor población para que el peso estadístico tenga una significancia mayor.

Por lo tanto, el presente trabajo deja una expectativa positiva, ya que si bien es cierto que la medición del gasto cardíaco por medio de un ecocardiograma no es el estándar de oro pero se ha considerado ser una maniobra alterna a la medición de este al no contar con un catéter de Swan-Ganz, es necesario ahora hacer una correlación entre el índice de perfusión y la reanimación dirigida por termodilución, con mayor población y de forma multicéntrica y con mayor tiempo de recolección de datos para incrementar el peso estadístico y establecer que el índice de perfusión es una alternativa al alcance de todos para tratar a un paciente hemodinámicamente inestable siempre y cuando, esté en condiciones clínicas de realizar este tipo de monitorización.

## 22. CONCLUSIÓN

El índice de perfusión puede ser una alternativa de monitoreo no invasivo tanto en las unidades de cuidados intensivos así como fuera de ellas, para realizar maniobras de respuesta volumen ya que hay una correlación entre el gasto cardíaco, el índice cardíaco y el volumen sistólico.

## 23. REFERENCIAS

24. Vincent Jean L., De Backer Daniel., Circulatory Shock, *New England Journal of Medicine*, 2013; 369: 1726-34. DOI: 10.1056/NEJMr1208943.
25. M. R. Pinsky et al. (eds.), *Hemodynamic Monitoring*. Springer 2019, Chapter 2 pp. 8-18.
26. Gaieski David F., Mikkelsen Mark E., et al., Definition, clasification, etiology, and pathophysiology of shock in adults, March 2022, Up to date.
27. Loiacono Laurie A., Shapiro David S., Detection of hypoxia at the urren level., *Crit Care Clin*. 2010 Apr;26(2):409-21. Doi: 10.1016/j.ccc2009.12.001.
28. Schumacker P.T., Cain S. M., the concept of a critical oxygen delivery, *Intensive Care Medicine*, 1987, 13:223 -229.
29. Russel James A., Rush Barret, Boyd Jhon, Pathophysiology of septic shock, *Critical care clinics* 34, 2018, 43-61.
30. Román Vístrein G., Muñoz Ramírez C M., Márquez González G., Zárata Castañón P., Valoración hemodinámica durante la guardia, *Medigraphic*, mayo-agosto 2015, vol 10 numero 2, pp. 69-76.
31. Boron Walter F., Boulpaep Emile L., *Medical Physiology, The cardiovascular system*, Elsevier, updated edition online text, 2012, 429-593.
32. Cerón Ulises W., *Gasto Cardíaco, Monitoreo hemodinámico avanzado en el enfermo en estado crítico*, Ed. Prado, 2020, pp. 43-96.
33. Young DB. *Control of Cardiac Output*. San Rafael (CA): Morgan & Claypool Life Sciences; 2010.Chapter2,VenousReturn. Availablefrom:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK54476/>.



Anexo 2 Consentimiento informado (no aplica para el fin del presente estudio, pero se guardará la confidencialidad de los pacientes así como su identidad y número de identificación)

### **Consentimiento informado**

Su paciente de nombre: \_\_\_\_\_, ha sido internado en el Servicio de Terapia Médica Intensiva Central 310E de este Hospital General de México, en la cama: \_\_\_\_\_ cuyo diagnóstico de ingreso es el de choque \_\_\_\_\_, el estado de choque es una enfermedad que se presenta con presión arterial baja, e incluso no tiene presión arterial, el corazón les late muy rápido, y sus niveles de oxígeno y azúcar en la sangre disminuyen, estos es por hemorragia, falla del corazón, falla del cerebro, o deshidratación severa, el Riesgo de que su enfermo muera es muy alto con este diagnóstico, pues también fallan los pulmones, el corazón, los riñones, el cerebro, los intestinos, el hígado por lo que su tratamiento debe ser inmediato a su ingreso.

El tratamiento de su enfermo con choque consiste en la administración de suero intravenoso, sangre, plasma, o los tres, además de medicamentos que ayudan a aumentar la presión arterial que se llaman norepinefrina, dopamina) y medicamentos que ayudan al corazón a tener mayor fuerza en sus latidos que llamamos inotrópicos y son dobutamina, levosimendán, Su paciente puede necesitar solo suero intravenoso, sangre plasma, o bien además de estos medicamentos, para la presión y el corazón, uso de sedantes y analgésicos, para sedar a su enfermo, instalar un tubo a través de su boca y va hacia la tráquea, se conecta a un respirador artificial lo cual hace que su enfermo respire, sonda en vejiga a través de la uretra y vigilar la producción de orina, como función de los riñones, y sonda a través de la boca o nariz al estómago y disminuya el acumulo de gas en los intestinos, una vez dado el tratamiento, se espera que el estado de choque sea controlado, sin embargo, también el usar suero intravenoso (solución cristaloides) además le produce a su paciente falla de corazón, la cual puede llegar a los dos pulmones a esta enfermedad se llama edema pulmonar, o uso demás de los medicamentos para la presión, que también comprometen la vida de su paciente.

Por lo anterior solicitamos su autorización para que su paciente, pueda ser incluido en el estudio \_\_\_\_\_ que consiste en administrar medio litro de suero intravenoso y realización de ultrasonido cardiaco con

medición de\_\_\_\_, para establecer el tratamiento justo que es dirigido a dar tratamiento al estado de choque, pero sobre todo una vez estabilizado su enfermo, es mantener el tratamiento adecuado y evitar las complicaciones que pudieran presentarse.

La participación de su paciente en el estudio, no representa gasto alguno para usted, se realizan los estudios en su cabecera, y las mediciones las realizan los Doctores\_\_\_\_\_, Alfonso Chávez Morales, quienes son responsables de la investigación. Se guardará la confidencialidad de los datos personales de su paciente, y estos le podrán ser proporcionados a usted, SU PARTICIPACION ES LIBRE Y VOLUNTARIA, y Tiene derecho a revocar su autorización, en el momento que usted decida, SIN QUE ELLO REPERCUTA EN LA ATENCIÓN MÉDICA QUE SU PACIENTE REQUIERA, ni ninguna otra acción contraria. Para cualquier duda usted puede dirigirse al Dr.\_\_\_\_\_: correo y teléfono Dr. Alfonso Chávez Morales, en oficina de la jefatura de Terapia médica Intensiva 2789200 ext 3221.

Anexo 3 Hoja de Recolección de datos



HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS												
FICHA DE IDENTIFICACION												
NOMBRE			EDAD:		SEXO:		ECU:		ETIOLOGÍA:			
			SIGNOS VITALES									
PARAMETRO	TEMPERATURA	FC	FR	TAM	PVC	GLUCOSA	Hb	SO2	FIO2			
MEDICIÓN 1												
MEDICIÓN 2												
GASOMETRIA ARTERIAL												
PARAMETRO	pH	PaO2	PaCO2	SaO2	HCO3							
MEDICIÓN 1												
MEDICIÓN 2												
GASOMETRIA VENOSA												
PARAMETRO	pH	PvO2	PvCO2	SvO2	HCO3	LACTATO						
MEDICIÓN 1												
MEDICIÓN 2												
TALLER GASOMETRICO												
PARAMETRO	PAO2	G A-a O2	CaO2	CvO2	CcO2	DavO2	DO2	VO2	EO2	TEXT	DCO2	D-D
MEDICIÓN 1												
MEDICIÓN 2												
USG/USCOM/SWAN												
PARAMETRO	GC	IC	VS	RVS	IVT	IP						
MEDICIÓN 1												
MEDICIÓN 2												

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS												
FICHA DE IDENTIFICACION												
NOMBRE			EDAD:		SEXO:		ECU:		ETIOLOGÍA:			
			SIGNOS VITALES									
PARAMETRO	TEMPERATURA	FC	FR	TAM	PVC	GLUCOSA	Hb	SO2	FIO2			
MEDICIÓN 1												
MEDICIÓN 2												
GASOMETRIA ARTERIAL												
PARAMETRO	pH	PaO2	PaCO2	SaO2	HCO3							
MEDICIÓN 1												
MEDICIÓN 2												
GASOMETRIA VENOSA												
PARAMETRO	pH	PvO2	PvCO2	SvO2	HCO3	LACTATO						
MEDICIÓN 1												
MEDICIÓN 2												
TALLER GASOMETRICO												
PARAMETRO	PAO2	G A-a O2	CaO2	CvO2	CcO2	DavO2	DO2	VO2	EO2	TEXT	DCO2	D-D
MEDICIÓN 1												
MEDICIÓN 2												
USG/USCOM/SWAN												
PARAMETRO	GC	IC	VS	RVS	IVT	IP						
MEDICIÓN 1												
MEDICIÓN 2												