



# BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

---

**Facultad de Medicina**

**“Método de Fick como predictor de respuesta hemodinámica en pacientes con insuficiencia cardiaca agudizada en tratamiento con ventilación con presión positiva no invasiva”**

**Tesis para obtener el Diploma de Especialidad en:**

Medicina de Urgencias

**Presenta:**

Eduardo Abraham Quintero Sotomayor

**Director**

Denisse Adriana Matus Piñón

**Asesor**

Jorge Ayón Aguilar


**Registro SIRELCIS**

R-2022-2108-079

H. Puebla de Z. FEBRERO 2025

# Tesis Fick

## TESIS REVISADA POR JEFATURA BAS

 Quick Submit

 Quick Submit

 JBAS

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3129629096

Fecha de entrega

14 ene 2025, 4:24 p.m. GMT-6

Fecha de descarga

14 ene 2025, 4:42 p.m. GMT-6

Nombre de archivo

Tesis\_Fick\_1.docx

Tamaño de archivo

43 Páginas

8,420 Palabras

47,343 Caracteres


## 30% Similitud general


El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...


### Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

### Fuentes principales

18%  Fuentes de Internet

4%  Publicaciones

30%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
DIRECCIÓN DE PRESTACIONES MÉDICAS



### Dictamen de Aprobado

Comité Local de Investigación en Salud **2108**.  
H GRAL ZONA NUM 20

Registro COFEPRIS **19 CI 21 114 054**

Registro CONBIOÉTICA **CONBIOÉTICA 21 CEI 001 20201117**

FECHA **Lunes, 07 de noviembre de 2022**

**Dr. DENISSE ADRIANA MATUS PIÑÓN**

**P R E S E N T E**

Tengo el agrado de notificarle, que el protocolo de investigación con título **Método de Fick como predictor de respuesta hemodinámica en pacientes con insuficiencia cardiaca agudizada en tratamiento con ventilación con presión positiva no invasiva** que sometió a consideración para evaluación de este Comité, de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de los revisores, cumple con la calidad metodológica y los requerimientos de ética y de investigación, por lo que el dictamen es **A P R O B A D O**:

Número de Registro Institucional

R-2022-2108-079

De acuerdo a la normativa vigente, deberá presentar en junio de cada año un informe de seguimiento técnico acerca del desarrollo del protocolo a su cargo. Este dictamen tiene vigencia de un año, por lo que en caso de ser necesario, requerirá solicitar la reaprobación del Comité de Ética en Investigación, al término de la vigencia del mismo.

ATENTAMENTE

**Dr. SANTILLANA ARCE JOSE GERMAN**  
Presidente del Comité Local de Investigación en Salud No. 2108

Imprimir

**IMSS**  
SEGURIDAD Y SOLIDARIDAD SOCIAL



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
DELEGACIÓN ESTATAL DE PUEBLA  
COORDINACIÓN DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN EN SALUD  
HOSPITAL GENERAL DE ZONA NÚM. 15

PUEBLA, PUE. A FEBRERO 2025

AUTORIZACION DE IMPRESIÓN DE TESIS DE ESPECIALIDAD

LOS ASESORES:

**Dra. Denisse Adriana Matus Piñón**

**Dr. Jorge Ayon Aguilar**

DE LA TESIS TITULADA:

**"Método de Fick como predictor de respuesta hemodinámica en pacientes con insuficiencia cardiaca agudizada en tratamiento con ventilación con presión positiva no invasiva"**

REALIZADA POR EL MEDICO RESIDENTE:

**Dr. Eduardo Abraham Quintero Sotomayor**

DE LA ESPECIALIDAD EN:

**Urgencias Médico Quirúrgicas**

HACEMOS CONSTAR QUE ESTE TRABAJO CIENTIFICO HA SIDO REVISADO Y  
AUTORIZADO CON EL NUMERO DE REGISTRO NACIONAL:

**R-2022-2108-079**

PROPORCIONADO POR EL SISTEMA NACIONAL DE REGISTRO EN LINEA DE LA  
COMISION DE INVESTIGACION EN SALUD (SIRELCIS) AUTORIZO SU IMPRESIÓN  
ASESORES:

  
**Dra. Denisse Adriana Matus Piñón**

NOMBRE, FIRMA Y FECHA

  
**Dr. Jorge Ayon Aguilar**

NOMBRE, FIRMA Y FECHA

  
**Da. Eréndira Cabello Hernández**

NOMBRE, FIRMA Y FECHA

Coordinación Clínica de Educación e Investigación en Salud



## **Dedicatoria**

Sin duda alguna para este trabajo y, de manera general en mi vida, agradezco profundamente a mi familia por su esmero, amor y paciencia, por hacer posible cada uno de mis sueños y permitirme ser feliz, cumplimos una meta más. Para mis maestros de especialidad quienes dedicaron su tiempo y su conocimiento para formarme y orientarme, no solo en medicina.

Para Laura Patricia Sotomayor, mi madre, mi ejemplo de amor y perseverancia, porque cada abrazo y palabra de aliento me mantuvieron de pie. Desde el primer momento en que nos vimos me enseñaste a sonreír y dediqué mi vida para que estuvieras orgullosa y feliz.

Para Eduardo Quintero, mi padre, de quien aprendí valor y dedicación, enfrenté cada reto sin miedo y con pasión como tú me enseñaste. Estoy muy orgulloso de llamarte Papá.

Para Renata Cerón, mi esposa, mi lugar seguro, mi amor bonito, quien me amó en todo este proceso aun cuando era difícil amarme, caminaste conmigo cada paso, nos desvelamos juntos añorando terminar y al final lo logramos.

Para mis hijos, Eduardo y José María quienes me motivaron día a día a ser mejor, porque su sonrisa fue el impulso más grande para superar cada reto, los amo con todo mi corazón.



**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
ÓRGANO DE OPERACIÓN ADMINISTRATIVA  
DESCONCENTRADA EN PUEBLA**

**SEDE: HOSPITAL GENERAL DE ZONA No. 15**

**MEDICINA DE URGENCIAS**

**PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN**

**“Método de Fick como predictor de respuesta hemodinámica en pacientes con insuficiencia cardiaca agudizada en tratamiento con ventilación con presión positiva no invasiva”**

**INVESTIGADOR RESPONSABLE ANTE EL IMSS:**

Dra.: Denisse Adriana Matus Piñón

Médico urgenciólogo adscrito al Hospital General de Zona No. 15

Matrícula: 97222492

Cel: 2213348848

Correo electrónico: [denissematusp21@gmail.com](mailto:denissematusp21@gmail.com)

**INVESTIGADORES ASOCIADOS**

Dr. Jorge Ayón Aguilar

Coordinador Auxiliar Médico de Investigación en Salud ÓOAD Puebla

Matricula: 99222553

Cel: 2228618944

Correo electrónico: [jayo\\_10@yahoo.com.mx](mailto:jayo_10@yahoo.com.mx)

Dr. Eduardo Abraham Quintero Sotomayor

Residente de Urgencias Médicas del Hospital General de Zona numero 15

Matrícula: 97226734

Cel: 2223 5442 67

Correo electrónico: [edi.necros@gmail.com](mailto:edi.necros@gmail.com)

Registro SIRELCIS

R-2022-2108-079

Heroica Puebla de Zaragoza, Puebla.

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>3</b>
<b>1. ANTECEDENTES GENERALES:</b>	<b>4</b>
<b>2. ANTECEDENTES ESPECÍFICOS</b>	<b>8</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>12</b>
<b>4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>13</b>
<b>5. HIPÓTESIS</b>	<b>13</b>
<b>6. OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
<b>7. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>14</b>
7.1 UBICACIÓN ESPACIO-TEMPORAL	15
7.2 DEFINICIÓN DEL UNIVERSO DE TRABAJO	15
7.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN	15
<b>8. ESTRATEGIA DE MUESTREO</b>	<b>16</b>
Tamaño de la muestra	16
Tipo de Muestreo:	16
<b>9. DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES</b>	<b>16</b>
<b>10. ESTRATEGIA DE TRABAJO</b>	<b>22</b>
<b>11. RECOLECCIÓN DE DATOS</b>	<b>23</b>
<b>12. ASPECTOS ÉTICOS</b>	<b>24</b>
<b>13. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	<b>28</b>
<b>14. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>29</b>

## **RESUMEN**

En la definición del consenso de la asociación americana de corazón y academia americana del corazón el choque cardiogénico es la complicación potencialmente mortal y representa un desafío clínico y se caracteriza por la reducción crítica del gasto cardiaco manifestándose con disfunción orgánica y estado de choque, definiendo los datos clínicos de hipoperfusión como principal guía para reconocerlo. La presión positiva no invasiva es parte del tratamiento en los pacientes con insuficiencia cardiaca agudizada, generando un aumento en la presión torácica, disminuyendo la precarga mecánica y generando un volumen de llenado incentivo y, por el aumento de la presión intratorácica, genera aumento en la presión transmural generando una diferencia significativa en la presión pericárdica (fuera del ventrículo) y la presión ventricular (dentro del ventrículo) generando un gasto cardiaco eficiente.

**METODOLOGÍA:** Se realizó un estudio descriptivo, observacional y prospectivo. Se efectuó estadística descriptiva, frecuencia, porcentajes, medias y dispersión. Prueba no paramétrica de chi cuadrada para relacionar las dos principales variables obteniendo el 100% en todas las casillas con frecuencia menor de 5 utilizando el programa estadístico SPSS v.25. Se llevó a cabo en el hospital General de zona número 15 Tehuacán y se incluyó a los pacientes entre 18 y hasta 89 años que ingresen al servicio de urgencias y cumplieron con criterios de descompensación por insuficiencia cardiaca.

**RESULTADOS:** Se captó un total de 26 pacientes, para la edad una media de 58.6 años ( $\pm 13.89$ ) y con una distribución de 80.8% mujeres y 19.2% hombres, se realiza el análisis de datos a través de chi cuadrada para relacionar las dos principales variables obteniendo el 100% en todas las casillas con frecuencia menor de 5, validando los datos obtenidos, todos los pacientes, para el presente estudio, cumplieron con los criterios de inclusión para este protocolo, se determinó por método de Fick indirecto asumiendo el consumo de oxígeno y realizando el cálculo a través de una gasometría arterial y una gasometría venosa encontrando fuera de rango normal (3-5) a un total de 26 pacientes (23 mujeres y 3 hombres) a los cuales se decidió iniciar ventilación con presión positiva no invasiva para obtener nueva determinación a las 4 horas de su ingreso. A las cuatro horas del ingreso y, posterior al uso de ventilación con presión positiva no invasiva se tomó una nueva determinación de Fick por el método antes descrito, obteniendo un resultado dentro del rango (3-5) en un total de 25 pacientes.

**CONCLUSIÓN:** El uso del método de Fick es efectivo como predictor de respuesta hemodinámica en pacientes con insuficiencia cardiaca y ventilación con presión positiva no invasiva, para la toma de decisiones y ajuste terapéutico guiado por estimación del gasto cardiaco.

**Palabras Clave:** Fick, insuficiencia cardiaca, ventilación con presión positiva no invasiva, respuesta hemodinámica.

## **INTRODUCCIÓN**

En la definición del consenso de la asociación americana de corazón y academia americana del corazón el choque cardiogénico es la complicación potencialmente mortal y representa un desafío clínico y se caracteriza por la reducción crítica del gasto cardiaco manifestándose con disfunción orgánica y estado de choque, definiendo los datos clínicos de hipoperfusión como principal guía para reconocerlo. La presión positiva no invasiva es parte del tratamiento en los pacientes con insuficiencia cardiaca agudizada, generando un aumento en la presión torácica, disminuyendo la precarga mecánica y generando un volumen de llenado incentivo y, por el aumento de la presión intratorácica, genera aumento en la presión transmural generando una diferencia significativa en la presión pericárdica (fuera del ventrículo) y la presión ventricular (dentro del ventrículo) generando un gasto cardiaco eficiente.

El método de Fick puede determinar el gasto cardiaco obteniendo la diferencia arteriovenosa y agregando el consumo de oxígeno por medio de una gasometría arterial y una gasometría venosa, estudios disponibles en países y unidades médicas con recursos limitados lo que permite, en tiempo real y de manera objetiva, determinar el gasto cardiaco y tomar decisiones clínicas y terapéuticas de manera objetiva, para el presente estudio, valorar el retiro y/o progresión de la ventilación no invasiva y limitar el tiempo de hospitalización en nuestra unidad.

**METODOLOGÍA:** Se realizó un estudio descriptivo, observacional y prospectivo. Se efectuó estadística descriptiva, frecuencia, porcentajes, medias y dispersión. Prueba no paramétrica de chi cuadrada para relacionar las dos principales variables obteniendo el 100% en todas las casillas con frecuencia menor de 5 utilizando el programa estadístico SPSS v.25. Se llevó a cabo en el hospital General de zona número 15 Tehuacán y se incluyó a los pacientes entre 18 y hasta 89 años que ingresen al servicio de urgencias y cumplieron con criterios de descompensación por insuficiencia cardiaca. El muestreo se realizó al ingreso del paciente al servicio de urgencias o que, en revaloraciones posteriores, cumplieron con el diagnóstico clínico de insuficiencia cardiaca guiada por los criterios de Framingham y la valoración hemodinámica con signos vitales y exploración física para determinar el nivel de descompensación, se tomó una gasometría arterial y una gasometría venosa al ingreso del paciente para calcular, la diferencia arteriovenosa y posteriormente, el gasto cardiaco para clasificar al paciente, se inició, además del tratamiento farmacológico, la ventilación con presión positiva no invasiva y se revaloró a las 4 horas con un gasometría arterial y una gasometría venosa para medir la respuesta hemodinámica del paciente, estableciendo en ese momento la progresión del tratamiento, la disminución de parámetros en la ventilación e incluso su retiro, analizando después, los días de estancia hospitalaria.

**RESULTADOS:** Se captó un total de 26 pacientes, para la edad una media de 58.6, desviación estándar de 13.89 y con una distribución de 80.8% mujeres y 19.2% hombres, se realiza el análisis de datos a través de chi cuadrada para relacionar las dos principales variables obteniendo el 100% en todas las casillas con frecuencia

menor de 5, validando los datos obtenidos, todos los pacientes, para el presente estudio, cumplieron con los criterios de inclusión para este protocolo, a su ingreso a urgencias, se determinó por método de Fick indirecto asumiendo el consumo de oxígeno y realizando el cálculo a través de una gasometría arterial y una gasometría venosa encontrando fuera de rango normal (3-5) a un total de 26 pacientes (23 mujeres y 3 hombres) a los cuales se decidió iniciar ventilación con presión positiva no invasiva para obtener nueva determinación a las 4 horas de su ingreso. A las cuatro horas del ingreso y, posterior al uso de ventilación con presión positiva no invasiva se tomó una nueva determinación de Fick por el método antes descrito, obteniendo un resultado dentro del rango (3-5) en un total de 25 pacientes.

**CONCLUSIÓN:** El uso del método de Fick es efectivo como predictor de respuesta hemodinámica en pacientes con insuficiencia cardiaca y ventilación con presión positiva no invasiva, para la toma de decisiones y ajuste terapéutico guiado por estimación del gasto cardiaco.

**Palabras Clave:** Fick, insuficiencia cardiaca, ventilación con presión positiva no invasiva, respuesta hemodinámica.

## **1. ANTECEDENTES GENERALES:**

Según la Asociación Americana del corazón y el colegio americano de cardiología definen la Insuficiencia Cardiaca como un síndrome de diagnóstico clínico, complejo, con síntomas y signos que resultan en cualquier deterioro estructural o funcional del llenado ventricular o de la eyección de sangre, estableciendo, además, que las etapas asintomáticas con cardiopatía estructural o cardiomiopatías no están

cubiertas por la definición anterior. Tales etapas asintomáticas se consideran de riesgo para Insuficiencia Cardíaca (etapa A) o pre-Insuficiencia cardíaca (etapa B).

(1)

La clasificación para los estadios de la Insuficiencia Cardíaca enfatiza en el desarrollo y progresión de la enfermedad tomando como consideración general sus manifestaciones clínicas.

El compromiso en la oxigenación y el transporte vascular del mismo es uno de los propósitos centrales del sistema cardiovascular, medir el gasto cardíaco es necesario para evaluar la función cardíaca y estimar un pronóstico para el paciente, además de guiar las decisiones terapéuticas centradas en maximizar el flujo sanguíneo y optimizar el volumen ventricular. (2)

La clasificación de la New York Heart Association (NYHA) se utiliza para caracterizar los síntomas y la capacidad funcional de los pacientes con IC sintomática.

El American College of Cardiology (ACC) y la American Heart Association (AHA) clasifican en 4 estadios a la Insuficiencia Cardíaca, Estadio A son los pacientes en riesgo de desarrollar falla cardíaca, estadio B pacientes en pre-falla cardíaca, estadio C a los pacientes con síntomas de insuficiencia cardíaca y en estadio D a los pacientes con insuficiencia cardíaca avanzada, para la clasificación B se establecen criterios de modificación estructural y funcional, como remodelación ventricular derecha o izquierda, disminución de la función sistólica, enfermedad valvular y evidencia de disminución de presiones funcionales y propone determinar de manera invasiva y no invasiva los determinantes anteriores además de

marcadores bioquímicos como el péptido natriurético cerebral (BNP y PRO BNP) para la inclusión de los pacientes a esta clasificación y en los estadios posteriores.

Los criterios de Framingham para Insuficiencia Cardíaca introducidos en los años 70, es el criterio clínico más utilizado para insuficiencia cardíaca y se basa únicamente en los síntomas y los hallazgos clínicos con fuerte relación a los hallazgos que se tendrían en las mediciones actuales con ecocardiograma y BNP, consta de criterios mayores (disnea paroxística nocturna, ortopnea, ingurgitación yugular, tercer ruido a la auscultación, índice cardiorácico mayor a 0.5 cm, edema pulmonar en la radiografía y cambios en la auscultación pulmonar caracterizada por estertores subcrepitantes) y menores (edema distal, accesos de tos, disnea y limitación funcional por actividad regular, hepatomegalia, derrame pleural y taquicardia (definida como  $\geq 120$  latidos por minuto.)). Para cumplir con el diagnóstico clínico se requiere la presencia de dos criterios mayores o uno mayor más dos menores.

En la definición del consenso de la asociación americana de corazón y academia americana del corazón el choque cardiogénico es la complicación potencialmente mortal y representa un desafío clínico y se caracteriza por la reducción crítica del gasto cardíaco manifestándose con disfunción orgánica y estado de choque, definiendo los datos clínicos de hipoperfusión como principal guía para reconocerlo, estableciendo los criterios de choque como presión sistólica menor a 90 mmHg o uso de vasopresor para mantener una presión media por arriba de 60 mmHg y los datos de hipoperfusión con alteraciones neurológicas, extremidades frías, alteraciones cutáneas, disminución del gasto urinario menor 30 mililitros por hora y

lactato mayor a 2 mmol. Estableciendo criterios adicionales como índice cardiaco menor a 2.2, índice de choque mayor 1. (1)

En un paciente con choque cardiogénico es secundario a una falla del ventrículo izquierdo, desarrolla insuficiencia respiratoria con edema pulmonar concomitante lo que provoca hipoperfusión tisular. Además del edema pulmonar, la reducción de la perfusión pulmonar produce un aumento de muerte pulmonar (algunas áreas ventiladas reciben menos sangre), lo que aumenta el desajuste entre ventilación y perfusión. Además, la insuficiencia circulatoria sistémica genera acidosis metabólica que aumenta la carga respiratoria compensatoria y reduce el oxígeno venoso central (SvO<sub>2</sub>) por una diferencia arteriovenosa aumentada (mayor extracción de oxígeno tisular). Estas anomalías exacerban el patrón respiratorio en pacientes con choque cardiogénico. (3)

Los eventos principales del edema pulmonar cardiogénico involucran congestión con alteraciones hemodinámicas por aumento de la presión capilar, causando transferencia de líquido al espacio alveolar alterando principalmente la función surfactante. El tratamiento convencional involucra diuresis, disminución en la sobrecarga y ventilación no invasiva. (4)

El uso de presión positiva puede tener múltiples efectos sobre la función cardíaca. Al reducir el retorno venoso, puede ayudar en pacientes con insuficiencia cardíaca o sobrecarga de líquidos, también puede aumentar la poscarga del ventrículo derecho o funcionar para reducir la poscarga del ventrículo izquierdo. (5)

El efecto neto de la presión positiva es un aumento en la oxigenación y una disminución en el trabajo de respiración. En el caso de soporte ventilatorio, se debe esperar una mejora adicional en la ventilación alveolar, con disminución en el trabajo respiratorio y los niveles de dióxido de carbono.

Además, la presión positiva cambia las interacciones corazón-pulmón, con efectos hemodinámicos y respiratorios incluyendo una tendencia para reducir el gasto cardíaco y la presión arterial. En pacientes con insuficiencia cardíaca aguda con precarga y poscarga elevadas, la presión positiva aumenta la frecuencia cardíaca reduciendo tanto la precarga como la poscarga y la derivación intrapulmonar. (3)

El uso de ventilación no invasiva en pacientes con falla cardíaca demostró disminuir el esfuerzo respiratorio durante ejercicio, logrando mejor tolerancia a este y evitar el metabolismo anaerobio midiendo los niveles de lactato en pacientes sin tratamiento con ventilación, en pacientes en reposo y durante el ejercicio, mejorando la condición física y el tiempo de ejercicio. (6)

Tipos de ventilación positiva no invasiva

**CPAP:** Administra de manera continua presión positiva intratorácica, uso simple, poco riesgo de complicaciones de vía aérea superior, no necesita ventilador, método no invasivo.

**Cánula nasal de alto flujo:** Volumen alto humidificado (arriba de 60–80 L/m) por cánula nasal, produce disminución de la resistencia en la vía aérea, no requiere ventilador, método no invasivo.

En 2020, un estudio que realiza la medición con ecocardiografía y la medición no invasiva de la concentración de oxígeno arterial y venosa, su diferencia y la saturación arterial y venosa, demuestra su factibilidad para la medición y progresión objetiva en la toma de decisiones terapéuticas en los pacientes graves en una concordancia mayor al 94% con métodos invasivos, estableciendo que en los pacientes con choque, se puede obtener una concordancia menor (72%) por la propia variabilidad hemodinámica de dicha patología. (7)

## **2. ANTECEDENTES ESPECÍFICOS**

En 1887, Adolf Eugen Fick, fisiólogo alemán, describió el primer método para calcular el gasto cardíaco, basándose en el contenido arterial de oxígeno (CaO<sub>2</sub>), el contenido de oxígeno en la sangre venosa mixta (CvO<sub>2</sub>) y el consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>) según la siguiente fórmula:

$$GC = \text{DavO}_2 \times 100 / \text{CaO}_2 / \text{DavO}_2$$

Los valores obtenidos por gasometría a través de una muestra arterial y una muestra venosa deben ser reemplazados en el siguiente formulario para obtener la velocidad del consumo de Oxígeno (vo<sub>2</sub>) y el gasto cardiaco a través de la diferencia arteriovenosa se desglosan a continuación:

Para obtener la diferencia arteriovenosa:

Contenido Arterial de oxígeno (Cao<sub>2</sub>) m L/dL (18-21 ml/d)

[ Hb (g / d L ) x 1.34 x Sa O<sub>2</sub> ] + [ Pao<sub>2</sub> (mmHg ) x0.0031 ]

Contenido Venoso de Oxígeno (Cvo<sub>2</sub>) m L/ d L( 12-15ml/dl)

[ Hb (g / d L ) x 1.34 x Sa VO<sub>2</sub> ] + [ PVo<sub>2</sub> (mmHg) x0.0031 ]

Se define como normal de 3-5 ml por cada dl de sangre y manifiesta alteraciones en la ventilación, aumento de la precarga, disminución de la contractilidad y choque cardiogénico, se debe considerar estado hiperdinámico al obtener valores menores de 3 mililitros e hipodinámico con valores mayores a 5 mililitros, entendiendo el aumento y la disminución del consumo respectivamente.

Para obtener el Índice de extracción de oxígeno

$$VO^2 = (D_a - v) (GC) (10)$$

Velocidad de transporte y velocidad de consumo de oxígeno.

A través del tiempo se ha definido varios métodos para determinar, de manera indirecta o directa, el gasto cardiaco de manera no invasiva, siendo el método de termodilución uno de los más comparados contra el método de Fick, en 2022, el American Journal of Cardiology, comparó el método de termodilución, contra el “estándar de oro” método de Fick basado en un registro prospectivo y consecutivo de 253 pacientes que se sometieron a un cateterismo de la arteria pulmonar por indicaciones clínicas, determinando, al final, que hubo poca concordancia entre la termodilución y el método estándar de oro de Fick, lo que destaca las limitaciones de tomar decisiones clínicas basadas en la termodilución. (8).

En un estudio realizado en el año 2021 por la asociación americana del Corazón (AHA) se compara la capacidad de los puertos cardiacos como computadora de gasto para obtener mediciones directas de la función cardiaca, incluyendo el valor del gasto cardiaco comparado con las mediciones del método de Fick, como resultado final, “la escala y las estimaciones directas de Fick para el gasto cardíaco

fueron fuertemente concordantes en un 96,7%, lo que demuestra que capacidad de la escala para determinar la tendencia en el gasto cardíaco". (3)

La ventilación con presión positiva se usa comúnmente en pacientes con falla respiratoria severa, en pacientes con falla cardíaca, especialmente en edema agudo pulmonar, demostrando desde 1988 la reducción en la necesidad de intubación y en la mortalidad usando clásicamente 2 tipos de modalidad, presión positiva continua (CPAP) y presión positiva en dos niveles (BIPAP), incluyendo pacientes con distintas comorbilidades agudizadas con mayor prevalencia diabetes, hipertensión y enfermedad renal crónica y los parámetros hemodinámico de ingreso a urgencias, bradicardia y disminución en la oximetría los más relevantes, dejando claro que el uso de ventilación no invasiva, no sustituye el tratamiento de soporte, mismo que deberá individualizarse, se identificó que los pacientes mayores a 85 años, que ingresan con hipotensión ( presión sistólica menor a 100mmHg) y se usan nitratos como tratamiento inicial tienen mal pronóstico con uso de ventilación no invasiva. (9)

En una revisión sistemática se analizó el uso de presión positiva en pacientes con falla cardíaca, demostrando mejorar la condición física y clínica de los pacientes, además de observar la disminución plasmática del polipéptido natriurético después de 3 meses de tratamiento, lo que supone menor remodelación estructural y, por ende, disminuir los periodos de agudización o descompensación en falla cardíaca. (6)

En primer lugar, la presión positiva al final de la espiración (PEEP) es la presión por encima de la presión atmosférica mantenida durante todo el ciclo respiratorio para evitar el colapso alveolar al final de la espiración. En segundo lugar, la presión media de las vías respiratorias es la presión media aritmética durante todo el ciclo ventilatorio. En tercer lugar, la presión máxima de las vías respiratorias refleja la presión necesaria para superar la resistencia de las vías respiratorias y generar el volumen tidal. Cuando el volumen tidal y la distensibilidad son constantes, la presión máxima en las vías respiratorias se correlaciona con la resistencia de las vías respiratorias. Sin embargo, si disminuye la distensibilidad pulmonar, aumentarán las presiones máximas. El cuarto parámetro es la presión transpulmonar, definida como la diferencia entre que influye en la hemodinámica del ventrículo izquierdo (VI) y del ventrículo derecho (VD). (10)

La clasificación más reciente por la sociedad europea de cardiología asoció los 6 fenotipos preexistentes a uno solo que evalúa clínicamente los datos de congestión y perfusión, los pacientes con datos de hipoperfusión “fríos” o perfusión conservada “calientes” con datos de congestión “húmedos” o sin estos “secos”, por lo que los médicos del servicio de urgencias deberán clasificar y recolectar todos los datos en las primeras 6 horas de la llegada del paciente. En los pacientes con fenotipo de hipoperfusión sin datos de congestión requirieron tratamiento con ventilación no invasiva de manera inicial sobre otros fenotipos. (11)

La inclusión de pacientes con falla cardiaca secundaria a infarto agudo que recibieron ventilación no invasiva como parte del tratamiento demostró también

retrasar o excluir la ventilación mecánica y mejoró el pronóstico de los pacientes.

(12)

### **3. JUSTIFICACIÓN**

Según la OMS, las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de defunción en el mundo y, según estimaciones, se cobran 17,9 millones de vidas cada año. Estas enfermedades constituyen un grupo de trastornos del corazón y los vasos sanguíneos que incluyen cardiopatías coronarias, enfermedades cerebrovasculares y cardiopatías.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que, para 2030, más de 23 millones de personas perderán la vida por alguna enfermedad cardiovascular, principalmente por cardiopatía y eventos cerebrovasculares.

Según, un estudio publicado del 2022, en "Journal of Cardiac Failure" donde se realiza el análisis económico del tratamiento de falla cardiaca, estableciendo que el 49% del costo total pertenece al tratamiento intrahospitalario con un costo total y con un incremento anual de 1.4% por año, con cantidad total del 2016 en 19000 dólares, para el 2022 aumento del 8.4% con una cifra total de 20596 dólares con estancia promedio intrahospitalaria de 8.5 días.

El modelo de estimación de gasto cardiaco por medio del método de FICK continúa vigente y factible en comparación con mediciones invasivas y computadoras de gasto cardiaco, siendo un método económico y fácil de realizar que permite determinar la respuesta hemodinámica en tiempo real y estimar el éxito de la terapia de ventilación con presión positiva no invasiva, mejorando el pronóstico del paciente

con ICC descompensada, progresando el tratamiento de manera objetiva y evita el uso de ventilación mecánica como medida inicial con impacto en la reducción de costos en su atención y mejora el pronóstico del paciente.

#### **4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el hospital general de zona Número 15, Tehuacán, es variable el tratamiento farmacológico en el paciente que ingresa a urgencias con diagnóstico de insuficiencia cardíaca, pero en la mayoría, es poco el uso de presión positiva no invasiva, siendo este método de importancia para reducir la mortalidad, días de estancia y con mejor pronóstico a largo plazo.

Aplicar presión intratorácica de manera no invasiva e invasiva tiene efectos profundos en la función cardiovascular. En general, a medida que aumenta la presión intratorácica media, el retorno venoso está disminuido y el gasto cardíaco/pulmonar y la perfusión en consecuencia, disminuye.

**¿Determinar la utilidad del método de Fick como predictor de respuesta hemodinámica en pacientes con insuficiencia cardíaca agudizada en tratamiento con ventilación con presión positiva no invasiva?**

#### **HIPÓTESIS**

H1: Es el método de Fick eficaz como predictor de respuesta hemodinámica en los pacientes con insuficiencia cardíaca agudizada en tratamiento con ventilación con presión positiva no invasiva.

-Ho: El método de Fick no es eficaz como predictor de respuesta hemodinámica en los pacientes con insuficiencia cardiaca agudizada en tratamiento con ventilación con presión positiva no invasiva.

## **5. OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- a) Determinar el método de Fick como predictor de respuesta hemodinámica en pacientes con insuficiencia cardiaca agudizada en tratamiento con ventilación con presión positiva no invasiva

### **Objetivos Específicos**

- a) Determinar el gasto cardiaco en tiempo real por el método de Fick al ingreso del paciente aplicando presión positiva y a las 4 horas.
- b) Relacionar los días de estancia hospitalaria en pacientes con uso de ventilación no invasiva guiada por el método de Fick.
- c) Relacionar el método de Fick con la progresión a ventilación mecánica invasiva.

## **7. MATERIAL Y MÉTODOS**

- Por el objetivo general: Observacional
- Por maniobra que realizará el investigado: Descriptivo
- Por el número de veces que se medirán las variables: Longitudinal
- Por la obtención de los datos: Prospectivo
- Por número de centros a participar: Unicéntrico

## **7.1 UBICACIÓN ESPACIO-TEMPORAL**

El presente protocolo se llevará a cabo en el servicio de Urgencias del Hospital General zona 15 del Instituto Mexicano del Seguro Social Tehuacán, Puebla, a partir de que se autorice el protocolo por el CLIS y hasta 10 meses posteriores.

## **7.2 DEFINICIÓN DEL UNIVERSO DE TRABAJO**

Población de estudio: Derechohabientes vigentes del Instituto Mexicano del Seguro Social que acudan a los servicios de Urgencias del Hospital General Zona 15 Tehuacán, Puebla, durante el período que dure el presente estudio y que cumplan los criterios de inclusión.

## **7.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN**

### **a) Criterios de Inclusión:**

- Derechohabiente vigente mayores de 18 y hasta 80 años.
- Género masculino y femenino.
- Que acepten participar en el estudio y firmen carta de consentimiento informado.
- Pacientes que cumplan con clase funcional NYHA III y IV.
- Estadio AHA C con descompensación hemodinámica.
- Presión arterial media menor de 65.
- Insuficiencia respiratoria tipo 1.
- Que cumplan criterios de diagnóstico clínico de ICC por escala de Framingham.

**b) Criterios de exclusión:**

- Pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo severo que amerite manejo inmediato de vía aérea avanzada,
- Descompensación hemodinámica que no sea directamente por insuficiencia cardiaca (otros choques, trauma, etc.)
- Pacientes trasladados de otras unidades con diagnóstico de insuficiencia cardiaca.
- Pacientes que a su llegada a urgencias no cuenten con tutor o familiar responsable.

**c) Criterios de eliminación:**

- Pacientes con fracaso a ventilación positiva no invasiva en las primeras 12 horas.
- Pacientes derechohabientes que soliciten egreso voluntario.
- Pacientes con datos incompletos para seguimiento.

**8. ESTRATEGIA DE MUESTREO**

**Tamaño de la muestra**

A conveniencia del investigador

**Tipo de Muestreo:**

El tipo de muestreo del siguiente protocolo será consecutivo no probabilístico.

**9. DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES**

**CUADRO DE VARIABLES**

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERATIVA</b>	<b>TIPO DE VARIABLE</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>	<b>Valor o medida</b>
<b>Gasto cardiaco por método de Fick</b>	método para calcular el gasto cardíaco, basándose en el contenido arterial de oxígeno (CaO <sub>2</sub> ), el contenido de oxígeno en la sangre venosa mixta (CvO <sub>2</sub> ) y el consumo de oxígeno (VO <sub>2</sub> )	Obtener los valores del paciente. corte 3-5	Cualitativa	Nominal/dicotómica	Si:3-5 No: <3>5
<b>Respuesta hemodinámica</b>	Valores de signos vitales dentro de parámetros normales	Presión arterial media menor a 65 mmHg Frecuencia cardiaca menor a 60 o mayor a 120	Cuantitativa	Nominal/Politémica	
<b>Insuficiencia cardiaca</b>	Síndrome de diagnóstico clínico, complejo, con síntomas y signos que resultan de cualquier deterioro estructural o funcional .	Criterios de Framingham que presenta el paciente. Presenta al momento 2 criterios mayores o un criterio mayor y dos menores.	Cualitativa	Dicotómica	Si No
<b>Ventilación con presión positiva</b>	Aumenta la presión intratorácica reduciendo, de esta manera, el retorno venoso al corazón, la presión transmural y la poscarga. La presión positiva también puede mantener abiertas las vías respiratorias flexibles de	Uso de presión positiva en pacientes con insuficiencia	Cualitativa	Dicotómica	Si No

	calibre pequeño disminuyendo, por tanto, el atrapamiento de aire y facilitando la espiración.	cardiaca descompensada			
<b>Ventilación no invasiva</b>	Forma de soporte ventilatorio mecánico que se aplica a través de una mascarilla facial o nasal, sin uso de una sonda endotraqueal ni de otros dispositivos invasivos sobre la vía respiratoria	Uso de ventilación no invasiva en pacientes con insuficiencia cardiaca descompensada	Cualitativa	Dicotómica	Si No
<b>Clase Funcional NYHA</b>	Clasificación de la gravedad de la insuficiencia cardíaca. Divide a los pacientes en cuatro categorías o clases, en función de su limitación al ejercicio físico.	Cumplir con los criterios descritos por la NYHA y clasificar al paciente en una clase funcional	Cualitativa	Politómica	Clase 1 Clase 2 Clase 3 Clase 4
<b>Insuficiencia respiratoria</b>	Incapacidad del sistema respiratorio de cumplir su función básica, que es el intercambio gaseoso de oxígeno y dióxido de carbono.	Tipo 1 Hipoxemia menor a 60	Cualitativa	Dicotómica	Tipo 1 Tipo 2
<b>Genero</b>	Conjunto de personas o cosas que tienen características generales comunes.	Identificar a cada paciente en los dos tipos de genero	Cualitativa	Dicotómica	Hombre Mujer
<b>Edad</b>	Tiempo que ha vivido una persona u otro ser vivo contando desde su nacimiento	18- 80 años	Cuantitativa	Politómica/Nominal	

## 9. ESTRATEGIA DE TRABAJO

El presente protocolo de estudio se sometió a evaluación por parte del CLIS.

Una vez autorizado, se realizó la siguiente estrategia de trabajo:

- Se incluyó a todos los derechohabientes entre 18 y 80 años de edad que acudieron a los servicios de Urgencias del HGZ 15 y que cumplieron con los Criterios de Selección.
- Se les atendió y se les invitó a ingresar al protocolo de estudio, previa explicación clara y detallada.
- En caso de aceptar ingresar al protocolo de estudio, se les dará a leer y firmar la Carta de Consentimiento Informado, tanto al paciente como a su acompañante responsable.
- Se les solicitaron datos personales tales como domicilio y número(s) telefónico(s).
- De manera inicial se realizó una gasometría arterial y una gasometría venosa a los pacientes que cumplieron con criterios de descompensación de insuficiencia cardiaca y se realizó la ecuación de Fick para determinar los valores iniciales (primera determinación).
- Una vez que inició la terapia con ventilación con presión positiva no invasiva, se tomó, a las 4 horas de obtener la primera determinación, una gasometría arterial y una gasometría venosa, se realizó la ecuación de Fick para valorar las condiciones hemodinámicas del paciente (segunda determinación).
- Se determinó, por medio de los resultados obtenidos el retiro y/o progresión del tratamiento del paciente en el servicio de urgencias.

- Se dio seguimiento de los pacientes con la finalidad de obtener los días totales de estancia hospitalaria.

## **11. RECOLECCIÓN DE DATOS**

El proceso de recolección de datos se terminará en el momento en que se termine de reclutar el número total de pacientes que cumplan con los criterios de inclusión y sean tratados con ventilación con presión positiva.

## **12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se efectuó estadística descriptiva, frecuencia, porcentajes, medias y dispersión. Prueba no paramétrica de chi cuadrada para relacionar las dos principales variables obteniendo el 100% en todas las casillas con frecuencia menor de 5 utilizando el programa estadístico SPSS v.25.

## **13. LOGÍSTICA**

Dr. Denisse Adriana Matus Piñón, Médico Especialista en Medicina de Urgencias. Adscrito al Hospital General de Zona número 15.

Dr. Jorge Ayón Aguilar, Coordinador Auxiliar Médico de Investigación en Salud ÓOAD Puebla.

Dr. Eduardo Abraham Quintero Sotomayor, Residente de Urgencias Médicas del Hospital General de Zona número 15.

## **1. Recursos humanos:**

### **Investigadores**

Denisse Adriana Matus Piñón, Jorge Ayón Aguilar, Eduardo Abraham Quintero Sotomayor

## **2. Recursos Materiales**

Material bibliográfico, hojas de recolección de datos, papelería, computadoras, impresoras, heparina, jeringas, agujas, gasómetro, insumos del gasómetro, monitor de signos vitales, electrocardiógrafo, material de electrocardiógrafo, ventilador, torre de alto flujo.

## **3. Recursos financieros**

Los propios del instituto mexicano del seguro social y de los investigadores.

## **4. Factibilidad**

El presente protocolo de investigación es factible debido a que no generará algún gasto económico al instituto, se cuenta con los recursos humanos suficientes y necesarios, así como la infraestructura necesaria para el desarrollo de dicha investigación. Este estudio servirá para el desarrollo de siguientes investigaciones y la valoración de nuestra población derechohabiente.

## **14. ASPECTOS ÉTICOS**

Entendiendo como bioética al estudio sistemático de la conducta humana en las ciencias de la vida y del cuidado de la salud, examina los valores y los principios morales. El presente estudio está sujeto a dichas normas para promover el respeto a todos los seres humanos, proteger su salud y sus derechos individuales. Este estudio observa los principios enunciados en la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (AMM) adoptada por la 18ª Asamblea General de la

AMM, Helsinki, Finlandia, junio 1964 y enmendada por la 29ª Asamblea de la AMM, Tokio, Japón, octubre 1975, 35ª Asamblea de la AMM, Venecia, Italia, octubre 1983, 41ª Asamblea general de la AMM, Hong Kong, septiembre 1989, 48ª Asamblea Somerset West, África, octubre 1996, 52ª asamblea de la AMM, Edimburgo, Escocia, octubre 2000; 53ª asamblea general de la WMA, Wasington 2002 (nota aclaratoria agregada en el párrafo 29); 55ª asamblea General de la AMM, Tokio, Japón 2004 con una nota aclaratoria agregada en el párrafo 30, 59ª Asamblea General de la AMM, Seúl, octubre 2008. Siendo esta una propuesta de principios éticos que sirven para orientar a los médicos que realizan investigación médica en seres humanos y establece que el deber es promover y velar por la salud de las personas, los conocimientos y la conciencia del médico han de subordinarse al cumplimiento de ese deber. Con apego a las normas éticas en el reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud en su Título primero (Disposiciones Generales) artículo 3º, apartado II, al conocimiento de los vínculos entre las causas de enfermedad, la práctica médica y la estructura social, Título Segundo (de los aspectos éticos de la investigación en seres humanos), Capítulo I, artículo 13º (en toda investigación en la que el ser humano sea sujeto de estudio, deberán prevalecer el criterio del respeto a su dignidad y la protección de sus derechos y bienestar); considerando también el artículo 16, donde dice que en las investigaciones en seres humanos se protegerá la privacidad del individuo sujeto de investigación, identificándolo solo cuando los resultados lo requieran y este lo autorice.

**REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE SALUD EN MATERIA DE INVESTIGACIÓN PARA LA SALUD:** Norma Técnica No. 313 para la presentación de proyectos e informes técnicos de investigación en las Instituciones de **Atención a la Salud. En el Artículo 17:** El riesgo de la investigación es la probabilidad de que el sujeto de investigación sufra algún daño como consecuencia inmediata o tardía del estudio. Este protocolo de estudio se considera que es una investigación con mínimo riesgo: Estudios prospectivos que emplean el riesgo de datos a través de procedimientos comunes en exámenes físicos o psicológicos de diagnósticos o tratamiento rutinarios. En el Artículo 18: El investigador principal suspenderá la investigación de inmediato, al advertir algún riesgo o daño a la salud del sujeto en quien se realice la investigación. Asimismo, será suspendida de inmediato cuando el sujeto de investigación así lo manifieste.

**DECLARACIÓN DE HELSINKI:** En su Artículo 100: La investigación en seres humanos: I. Deberá realizarse en los principios científicos y éticos para la investigación médica, diseñado para su posible contribución a la solución de problemas y al desarrollo de nuevos campos de la ciencia médica; II. Podrá cuando no exista un método idóneo; III. Cuando exista una razonable seguridad y no expone a riesgos a la población ni a los sujetos que la integran; 29 IV. Se podrá realizar una vez que exista un consentimiento informado y firmado por el paciente o su representante legal, una vez enterado de los objetivos de la experimentación y de las posibles consecuencias positivas o negativas para su salud; V. Lo realizará personal sanitario y en institución con regulación sanitaria. VI. El investigador responsable suspenderá de manera inmediata el estudio si se advierte o existen riesgos a corto y largo plazo; VII. La institución donde se realiza el estudio tiene la

responsabilidad de dar atención y solución a los problemas generados a los pacientes en el contexto de este estudio sin distinciones.

**CÓDIGO DE NÜREMBERG:** Los experimentos debe realizarse con la finalidad de generar impacto positivo y contribuciones a la sociedad y no debe ser de naturaleza aleatoria o innecesaria.

**INFORME DE BELMONT:** Tomando en cuenta la distinción entre investigación biomédica y del comportamiento, la práctica de una terapia aceptada; el presente estudio se denota como investigación y quedan fuera todas la practicas o medios denominados como experimentales. Finalmente, en esta investigación todos los individuos serán tratados como personas autónomas, se informará de manera puntual y en un lenguaje comprensible, las características del estudio notificándose que ha sido registrado y aprobado ante el CLIS y que su decisión de participar será libre y voluntaria, señalando que pueden retirarse del estudio en el momento que lo deseen, pudiendo o no informar sobre las causas o motivos, la cual será respetada de manera íntegra; en caso de aceptar participar, se manejarán sus datos con estricta confidencialidad, exponiéndoles que su participación permitirá la obtención de nuevo conocimiento en beneficio de ellos mismos y de otros pacientes y que, en el transcurso del estudio, podrán solicitar información actualizada sobre el mismo. Cumpliendo así con los principios contenidos en la Declaración de Helsinki, la enmienda de Tokio, el Informe Belmont y Códigos y Normas Nacionales e Internacionales vigentes para las buenas prácticas de la investigación clínica.

### Nota del Investigador

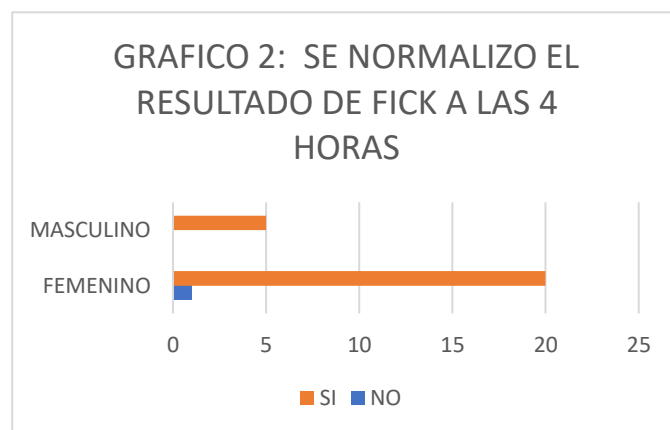
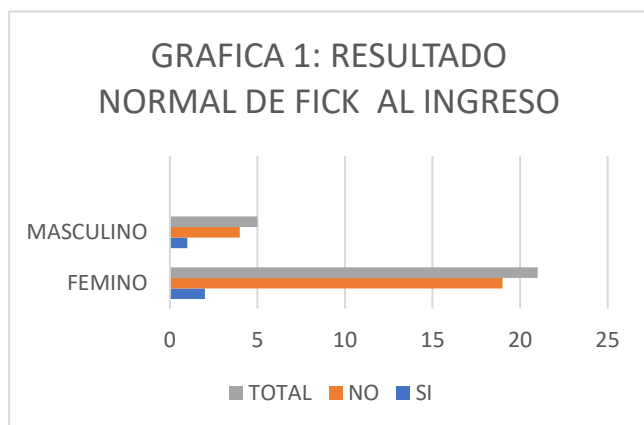
El presente estudio se realizará una observación y análisis de datos relacionados con las características del paciente, así como la toma de decisiones en el tratamiento que el médico tratante determine.

### **15. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

<b>“Método de Fick como predictor de respuesta hemodinámica en pacientes con insuficiencia cardiaca agudizada en tratamiento con ventilación con presión positiva no invasiva”</b>						
<b>Actividades</b>	<b>Primer bimestre</b>	<b>Segundo bimestre</b>	<b>Tercer bimestre</b>	<b>Cuarto bimestre</b>	<b>Quinto bimestre</b>	<b>Sexto bimestre</b>
Búsqueda bibliográfica	X	X	X	X	X	X
Redacción de protocolo	X	X	X	X		
Aprobación del protocolo					X	
Recolección de Información						X
Análisis de datos						X
Escrito final y publicación						X

## Resultados

Se captó un total de 26 pacientes para la edad con una media de 58.6 y con una distribución de 80.8% mujeres y 19.2% hombres, a su ingreso a urgencias, se determinó por método de Fick indirecto asumiendo el consumo de oxígeno y realizando el cálculo a través de una gasometría arterial y una gasometría venosa encontrando fuera de rango normal (3-5) a un total de 23 pacientes (19 mujeres y 4 hombres) a los cuales se decidió iniciar ventilación con presión positiva no invasiva para obtener nueva determinación del método de Fick por nuevo estudio gasométrico arterial y venoso a las 4 horas de su ingreso.



A las cuatro horas del ingreso y, posterior al uso de ventilación con presión positiva no invasiva se tomó una nueva determinación de Fick por el método antes descrito, obteniendo un resultado dentro del rango (3-5) en un total de 25 pacientes.

### Días de estancia Hospitalaria

	N	Mínimo	Máximo	Media	. Desviación
Días de estancia	26	1	13	5.85	3.506
N válido (por lista)	26				

De un total de 26 pacientes, se registró, como mínimo un día de hospitalización con un máximo de 13 días, se registra una estancia promedio de 7 días y un máximo de 23.

Como criterios de inclusión para este estudio y para determinar clínicamente y con los recursos disponibles en nuestra unidad insuficiencia cardiaca y sus fases de agudización, se utilizaron los criterios Framingham y las escalas reconocidas de manera internacional y validadas por *American Heart Association*, para lograr dar inclusión justificada de estos pacientes al presente estudio. Para el total de 26 pacientes cumplen con los criterios antes descritos.

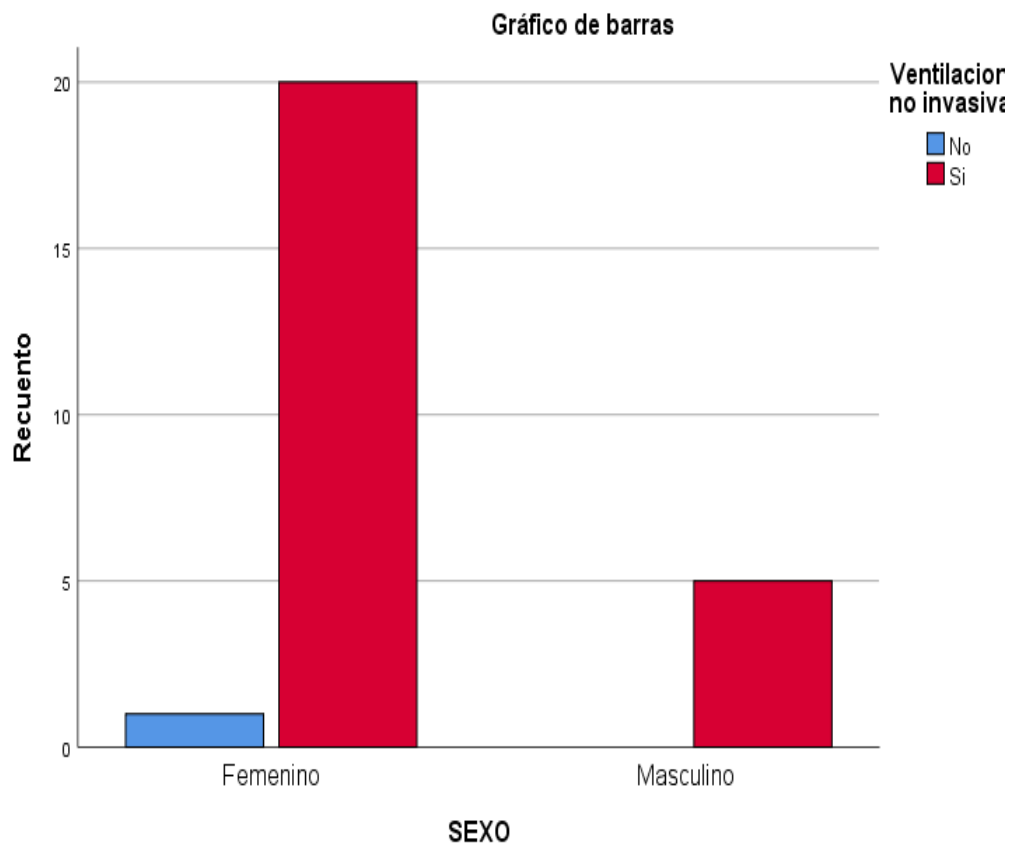
### Ventilación no invasiva

Recuento

		Ventilación no invasiva		Total
		No	Si	
SEXO	Femenino	2	19	21
	Masculino	1	4	5
Total		3	23	26

<b>AHA B o C</b>			
Recuento			
		AHA B o C	
		Si	Total
SEXO	Femenino	21	21
	Masculino	5	5
Total		26	26
<b>NYHA 3 o 4</b>			
Recuento			
		NYHA 3 o 4	
		Si	Total
SEXO	Femenino	21	21
	Masculino	5	5
Total		26	26

En cuanto al uso de la ventilación con presión positiva no invasiva se inició en los pacientes que, por método de Fick, no se objetivo el gasto cardiaco normal por este método, justificando así que, la presión con presión positiva, mejora el llenado ventricular en el ventrículo derecho y, mejora la poscarga en el ventrículo izquierdo lo que justifica la favorable respuesta en este grupo de pacientes con su uso.



## DISCUSIÓN

**Gasto cardiaco por método de Fick:** Se obtuvo por medio del método indirecto con el cálculo del consumo estimado de oxígeno, con resultado claro de disminución en el mismo, posterior a 4 horas de tratamiento farmacológico e iniciar ventilación no invasiva con presión positiva los nuevos resultados del gasto cardiaco por método de Fick indirecto demuestran mejoría por lo que fue útil guiar el tratamiento determinando el gasto cardiaco en tiempo real por este método como se cita en el estudio realizado en estados unidos en el año 2021 por Yazdi D, Sridaran S, Smith S, et al. Noninvasive scale measurement of stroke volume and cardiac output compared with the direct Fick method: A feasibility study. (13) se demuestra la concordancia y efectividad del método de Fick comparado con puerto cardiaco.

Conforme al estudio realizado en el año 2020 por Grafton G, Cascino TM, Perry D, et al. Resting oxygen consumption and heart failure: Importance of measurement for determination of cardiac output with the use of the Fick principle. (2) se demuestra la utilidad y factibilidad de la determinación del gasto cardiaco de manera estandarizada. En el presente estudio se comprobó de igual manera la factibilidad de determinar el gasto cardiaco por este método logrando de manera objetiva modificar la evolución de los pacientes y disminuir su estancia hospitalaria.

**Respuesta hemodinámica:** Se observó deterioro hemodinámico al ingreso en urgencias, se instaló tratamiento farmacológico conforme a las guías internacionales para agudización de insuficiencia cardiaca además de ventilación con presión positiva no invasiva objetivando normalización de la tensión arterial,

recuperación del estado neurológico y se estabilizaron el resto de parámetros hemodinámicos pese a la diferencia en el tratamiento farmacológico, siendo la única constante furosemida y la ventilación con presión positiva no invasiva. Conforme y en asociación con la directriz establecida por 2022 AHA/ACC/HFSA guideline for the Management of Heart Failure: Executive summary: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association joint committee on clinical practice guidelines (1).

**Insuficiencia cardiaca:** el 100% de los pacientes cumplieron con los criterios de Framingham para inclusión a este protocolo, mostrando fuerte relación con los estudios y parámetros de laboratorio y gabinete, permitiendo iniciar el tratamiento oportuno desde su ingreso al servicio de urgencias.

**Ventilación con presión positiva:** De acuerdo con Masip J, Peacock WF, Price S, et al. En el estudio realizado en 2018 y titulado “Indications and practical approach to non-invasive ventilation in acute heart failure” (5) se establecen los beneficios y el comportamiento fisiológico de la función cardiovascular en pacientes con falla cardiaca, en este estudio se evidencia de manera clínica los beneficios y dichos cambios en los patrones hemodinámicos de los pacientes confirmando la seguridad y el beneficio de la ventilación con presión positiva en este grupo de pacientes. Para el presente estudio se aplicó ventilación con presión positiva al 100% de los pacientes y, en concordancia con el artículo anterior se demostraron los beneficios de iniciar el tratamiento logrando la recuperación del estado de salud de los pacientes incluidos para este estudio.

**Ventilación no invasiva:** Conforme a Dobbe L, Rahman R, Elmassry M, et al. En el estudio Cardiogenic pulmonary edema (4). Se detalla las complicaciones de la ventilación invasiva en esta patología siendo de mal pronóstico a corto plazo, y el aumento en hospitalizaciones posteriores, de acuerdo con este estudio se prevé que la ventilación no invasiva al ingreso de estos pacientes disminuye el riesgo de complicaciones durante su hospitalización, en este estudio de evidencia dichos beneficios. Conforme a este protocolo se demostró, al igual que el estudio citado, la disminución en la estancia hospitalaria y las complicaciones asociadas en la agudización de la falla cardiaca.

**Edad:** No se identificaron diferencias en la edad en los estudios realizados previamente con un mínimo de 34 años y un máximo de 88 años conforme al estudio realizado en el año 2020 por Cartledge S, Maddison R, Vogrin S, et al. The utility of predicting hospitalizations among patients with heart failure using mHealth. (16).

## **CONCLUSIÓN**

En conclusión, el uso del método de Fick es efectivo como predictor de respuesta hemodinámica en pacientes con insuficiencia cardiaca y ventilación con presión positiva no invasiva, para la toma de decisiones y ajuste terapéutico guiado por estimación del gasto cardíaco permitiendo al personal médico tomar decisiones guiadas por el comportamiento en tiempo real en escenarios de bajos recursos mejorando la atención clínica, disminuyendo los días de estancia y determinar el momento ideal para el ajuste farmacológico, retiro de la ventilación no invasiva e incluso, progresar a ventilación mecánica invasiva para evitar complicaciones a corto plazo en este grupo de pacientes.

La ventilación con presión positiva no invasiva se utiliza para evitar las complicaciones en la agudización de la falla cardiaca y en insuficiencia respiratoria aguda, siendo este método que, además de efectivo, evita la progresión a ventilación mecánica, lo que genera complicaciones a corto y mediano plazo y empeora la funcionalidad y estilo de vida de este grupo de pacientes, lo que su vez, aumenta los costos en la atención hospitalaria, los días de estancia y reingresos hospitalarios por la misma causa.

El único paciente en el que no se normalizo el gasto cardiaco por método de Fick y que clínicamente denoto deterioro hemodinámico se decidió progresar a ventilación mecánica invasiva logrando retirarla a los 10 días de hospitalización con egreso de nuestra unidad 3 días después.

**RESPUESTA HEMODINÁMICA FAVORABLE EN EL 98% DE LOS PACIENTES.**

## 16. BIBLIOGRAFIA

1. Heidenreich PA, Bozkurt B, Aguilar D, et al. 2022 AHA/ACC/HFSA guideline for the Management of Heart Failure: Executive summary: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association joint committee on clinical practice guidelines. J Am Coll Cardiol [Internet]. 2022;79(17):1757–80. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2021.12.011>  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.amjcard.2022.04.026>
2. Grafton G, Cascino TM, Perry D, et al. Resting oxygen consumption and heart failure: Importance of measurement for determination of cardiac output with the use of the Fick principle. J Card Fail [Internet]. 2020;26(8):664–72. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cardfail.2019.02.004>
3. Masip J. Noninvasive ventilation in acute heart failure. Curr Heart Fail Rep [Internet]. 2019;16(4):89–97. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s11897-019-00429-y>
4. Dobbe L, Rahman R, Elmassry M, et al. Cardiogenic pulmonary edema. Am J Med Sci [Internet]. 2019;358(6):389–97. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjms.2019.09.011>
5. Masip J, Peacock WF, Price S, et al. Indications and practical approach to non-invasive ventilation in acute heart failure. Eur Heart J [Internet]. 2018;39(1):17–25. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehx580>
6. Bittencourt HS, Reis HFCD, Lima MS, et al. Non-invasive ventilation in patients with heart failure: A systematic review and meta-analysis. Arq Bras Cardiol [Internet]. 2017;108(2):161–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5935/abc.20170001>
7. Onoue T, Iwataki M, Araki M, et al. Novel noninvasive estimation of mixed venous oxygen saturation by echocardiography and expired gas analysis. Am J Physiol Heart Circ Physiol [Internet]. 2020;319(5):H1078–86. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1152/ajpheart.00429.2020>
8. Narang N, Thibodeau JT, Parker WF, et al. Comparison of accuracy of estimation of cardiac output by thermodilution versus the Fick method using measured oxygen uptake. Am J Cardiol [Internet]. 2022;176:58–65. Disponible en:

- 9.** Miró Ò, Martínez G, Masip J, et al. Effects on short term outcome of non-invasive ventilation use in the emergency department to treat patients with acute heart failure: A propensity score-based analysis of the EAHFE Registry. *Eur J Intern Med* [Internet]. 2018;53:45–51. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejim.2018.03.008>
- 10.** Alviar CL, Miller PE, McAreavey D, et al. Positive pressure ventilation in the cardiac intensive care unit. *J Am Coll Cardiol* [Internet]. 2018;72(13):1532–53. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2018.06.074>
- 11.** Javaloyes P, Miró Ò, Gil V, et al. Clinical phenotypes of acute heart failure based on signs and symptoms of perfusion and congestion at emergency department presentation and their relationship with patient management and outcomes. *Eur J Heart Fail* [Internet]. 2019;21(11):1353–65. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/ejhf.1502>
- 12.** Luna Carrillo-Alemán, Antonia López-Martínez, Andrés Carrillo-Alcaraz, et al. Outcome of patients with acute heart failure secondary to acute myocardial infarction treated with noninvasive mechanical ventilation, *Revista Española de Cardiología (English Edition)*, <https://doi.org/10.1016/j.rec.2020.10.003>.
- 13.** Yazdi D, Sridaran S, Smith S, et al. Noninvasive scale measurement of stroke volume and cardiac output compared with the direct Fick method: A feasibility study. *J Am Heart Assoc* [Internet]. 2021;10(24):e021893. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1161/JAHA.121.021893>
- 14.** Aljohar A, Alhabib K, AlFaleh H, et al. The prognostic impact of pulse pressure in acute heart failure: Insights from the HEARTS registry. *J Saudi Heart Assoc* [Internet]. 2020;32(2):263–73. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.37616/2212-5043.1025>
- 15.** Baeza-Trinidad R, Mosquera-Lozano JD, El Bikri L. Assessment of bendopnea impact on decompensated heart failure. *Eur J Heart Fail* [Internet]. 2017;19(1):111–5. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/ejhf.610>
- 16.** Cartledge S, Maddison R, Vogrin S, et al. The utility of predicting hospitalizations among patients with heart failure using mHealth: Observational study. *JMIR MHealth*

UHealth [Internet]. 2020;8(12):e18496. Disponible en:  
<http://dx.doi.org/10.2196/18496>

**17.** MacIntyre NR. Physiologic effects of noninvasive ventilation. *Respir Care* [Internet]. 2019;64(6):617–28. Disponible en:  
<http://dx.doi.org/10.4187/respcare.06635>

**18.** Øberg EB, Jørgensen BG, Berthelsen PG. End-tidal CO<sub>2</sub> in the diagnosis of fluid responsiveness - a systematic review. *Dan Med J*. 2019;66(9)

**19.** Jain N, Perry D, Patel V, et al. Thermodilution cardiac index is more strongly associated with 1-year outcomes than measured Fick cardiac index in patients with hfref: Is it time to abandon the gold standard? *J Am Coll Cardiol* [Internet]. 2022;79(9):428. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s0735-1097\(22\)01419-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0735-1097(22)01419-x)

**20.** Hieda M. Noninvasive positive pressure ventilation for acute decompensated heart failure. *Heart Fail Clin* [Internet]. 2020;16(3):271–82. Disponible en:  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.hfc.2020.02.005>.

## 1. ANEXOS

### I. ESCRUTINIO

Fecha de escrutinio		
Día	Mes	Año

Nombre completo				No. Registro interno	
Edad (años):		Sexo:	1. Femenino 2. Masculino	_ _	
NUMERO DE SS					
1. ¿Cumple con clasificación de clase funcional NYHA III y IV? 1. Si 0. No				_	
2. ¿Cumple con clasificación de estadio AHA B o C con descompensación hemodinámica? 1. Si 0. No				_	
3. ¿Presenta tensión arterial media menor a 65? 1. Si 0. No				_	
4. ¿presenta insuficiencia respiratoria tipo 1? 1. Si 0. No				_	
5. ¿cumple con criterios de diagnóstico clínico de ICC por escala de Framingham? 1. Si 0. No				_	
<b>Criterios de exclusión</b>					
6. ¿Presenta diagnóstico de síndrome de distrés respiratorio agudo severo que amerite manejo inmediato de vía aérea avanzada?				_	

1. Si 0. No	
7. ¿El paciente es trasladado de otra unidad con diagnóstico de insuficiencia cardiaca? 1. Si 0. No	__

<b>COMORBILIDADES</b>			
8. ¿Padece o ha padecido alguna(s) de las siguientes enfermedades y que hayan sido diagnosticadas por un médico? <i>Registre: 1. Si, 0. No</i>			
1. <b>Diabetes</b> 1. Si 0. No	__	Años de evolución	__
2. <b>Hipertensión</b> 1. Si 0. No	__	Años de evolución	__
3. <b>Enfermedades Pulmonares</b> 1. Si 0. No	__	Años de evolución	__
4. <b>Enfermedades cardiacas</b> 1. Si 0. No	__	Años de evolución	__
5. <b>Cáncer</b> 1. Si 0.No	__	Años de evolución	__
6. <b>Enfermedad renal crónica</b> 1. Si 0. No	__	Años de evolución	__
7. <b>Enfermedad renal crónica con tratamiento sustitutivo</b> 1. Diálisis 2. Hemodiálisis	__	Años de evolución	__
8. <b>Insuficiencia hepática</b> 1. Si 0. No	__	Años de evolución	__
9. <b>Uso de anticoagulantes</b> 1.Si 0.No	__	Años de evolución	__

**OBJETIVOS ESPECIFICOS**

<p><b>9. ¿resultado de ecuación de Fick normal?</b></p> <p>1. Si 0. No</p>	<p> __ </p>	<p><b>13. Clase Funcional NYHA</b></p> <p>1. Clase 1</p> <p>2. Clase 2</p> <p>3. Clase 3</p> <p>4. Clase 4</p>	<p> __ </p>
<p><b>10. ¿Presión arterial media menor a 65?</b></p> <p>1. Si 0. No</p>	<p> __ </p>	<p><b>13. Insuficiencia Respiratoria</b></p> <p>1. Tipo 1</p> <p>2. Tipo 2</p> <p>.</p>	<p> __ </p>
<p><b>11. ¿frecuencia cardiaca menor de 60 o mayos de 120?</b></p> <p>1. Si 0. No</p>	<p> __ </p>	<p><b>14. Uso de Ventilación no Invasiva</b></p> <p>1. Si 0. No</p>	<p> __ </p>

## ANEXO 2 CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

UNIDAD DE EDUCACIÓN, INVESTIGACIÓN

Y POLÍTICAS DE SALUD

### COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN EN SALUD Carta de consentimiento informado para participación en protocolos de investigación (adultos)

Nombre del estudio:	"Método de Fick como predictor de respuesta hemodinámica en los pacientes con insuficiencia cardiaca agudizada en tratamiento con ventilación con presión positiva no invasiva"
Patrocinador externo (si aplica):	No aplica
Lugar y fecha:	Tehuacán, Puebla.
Número de registro institucional:	En proceso
Justificación y objetivo del estudio:	Estimado derechohabiente este estudio se realizará con la finalidad de conocer la cantidad de oxígeno que se encuentran en la sangre de su familiar, esto nos servirá para identificar de una manera más directa el esfuerzo que el corazón debe realizar para latir y lograr que ese oxígeno llegue a todo su cuerpo y poder apoyarlo con un dispositivo que mejorará la fuerza del latido del corazón y aportará mas oxígeno a la sangre ayudándolo a respirar mejor
Procedimientos:	Se tomarán muestras de sangre de su paciente a su ingreso y a las 4 horas de haber llegado y se colocará una mascarilla que se sujeta con cintas alrededor de su cabeza, esta mascarilla le soplará oxígeno con un poco más de presión que la del oxígeno del ambiente, también se tomarán datos de su expediente médico al momento de estar hospitalizado en urgencias los cuales incluyen información sobre su enfermedad y los estudios de laboratorio que se le realizan mientras se encuentre hospitalizado
Posibles riesgos y molestias:	Dolor por la toma de muestra de sangre de sus venas, incomodidad por utilizar la mascarilla y que el aparato le sople el oxígeno con un poco más de presión de lo normal
Posibles beneficios que recibirá al participar en el estudio:	Con su apoyo y participación usted nos ayudara a saber si los cálculos que haremos con la cantidad de oxígeno en la sangre de su paciente y el uso del dispositivo que le soplara oxígeno es útil para calificar la mejoría de su paciente y la respuesta al tratamiento utilizado y así mejorar la atención a los derechohabientes y dar un tratamiento más oportuno.
Información sobre resultados y alternativas de tratamiento:	Usted podrá saber los resultados que obtendremos, así como en caso de que no quisiera continuar con el seguimiento del estudio podría retirarse en cualquier momento sin haber alguna repercusión en los servicios que le da el Instituto Mexicano del Seguro Social.
Participación o retiro:	Usted podrá retirarse del estudio en cualquier momento en que lo decida, teniendo la seguridad de que no habrá ningún tipo de consecuencia en los servicios que le brinda el Instituto Mexicano Del Seguro Social.
Privacidad y confidencialidad:	Mantendremos la confidencialidad y privacidad de los datos que nos proporcionó. No daremos a conocer ningún dato personal si no es bajo su propia autorización
<b>Declaración de consentimiento:</b>	
Después de haber leído y habiéndose me explicado todas mis dudas acerca de este estudio:	

No acepto participar en el estudio.

Si acepto participar y que se tome la muestra solo para este estudio.

**En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con el estudio podrá dirigirse a:**

Investigadora o Investigador Responsable:

Dra. Denisse Adriana Matus Piñón, Médico urgenciólogo.  
Profesora titular de residentes de urgencias médicas, Teléfono: 2213348848  
Matrícula: 97222392, Correo electrónico: denissematusp21@gmail.com

Colaboradores:

Dr. Jorge Ayón Aguilar  
Coordinador Auxiliar Médico de Investigación en Salud. Teléfono: 2228618944  
Matrícula: 99222553  
Correo electrónico: jayon\_10@yahoo.com.mx

Dr: Eduardo Abraham Quintero Sotomayor Médico Residente de Primer año de Urgencias Médico Quirúrgicas del HGZ15 Teléfono: 2223 5442 67 Matrícula: 97226734  
Correo electrónico: edi.necros@gmail.com

En caso de dudas o aclaraciones sobre sus derechos como participante podrá dirigirse a: Comité de ética en investigación 21088 de H. G. Z. 20 del IMSS. Avenida Fidel Velázquez 4211, Col. Infonavit La Margarita, Puebla, Puebla, C.P. 72560, correo electrónico: [cei21088pue@gmail.com](mailto:cei21088pue@gmail.com).

Eduardo Abraham Quintero Sotomayor

Nombre y firma del participante

Nombre y firma de quien obtiene el consentimiento

Testigo 1

Testigo 2

Nombre, dirección, relación y firma

Nombre, dirección, relación y firma

Este formato constituye una guía que deberá completarse de acuerdo con las características propias de cada protocolo de investigación, sin omitir información relevante del estudio.

**Clave: 2810-009-013**

### Anexo 3 CARTA DE CONFIDENCIALIDAD

#### CARTA DE CONFIDENCIALIDAD

Puebla, Puebla. \_\_\_\_\_ A quien corresponda P R E S E N T E: Nosotros,  
\_\_\_\_\_

hacemos constar, en relación con el protocolo No. \_\_\_\_\_ titulado: \_\_\_\_\_

Nos comprometemos a resguardar y mantener la confidencialidad y no hacer mal uso de los datos, documentos, expediente, reportes estudios, archivos físicos y/o electrónicos de información recabada, estadísticas o bien, cualquier otro registro o información relacionada con el estudio mencionado a nuestro cargo, así como a no difundir, distribuir o comercializar los datos personales contenidos en los sistemas de información desarrollados en la ejecución de este. Estando en conocimiento de que en caso de no dar cumplimiento, se procederá acorde a las sanciones civiles, penales o administrativas que procedan de conformidad con lo dispuesto en la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública (última actualización 2016), la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares y el Código Penal de la Ciudad de México y sus correlativas en las entidades federativas, a la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares y demás disposiciones aplicables en la materia.

A t e n t a m e n t e

Nombre y firma Nombre y firma \_\_\_\_\_

Nombre y firma Nombre y firma \_\_\_\_\_

Nombre y firma Nombre y firma \_\_\_\_\_

Nombre y firma \_\_\_\_\_



GOBIERNO DE  
MÉXICO



HOSPITAL GENERAL DE ZONA 15 TEHUACÁN  
Coordinación Clínica de Educación e Investigación en Salud.

Tehuacán, Pue., a 03 de Octubre de 2022.

Of. 220103200200/CCEeIS/10/2022

Asunto: Carta de no inconveniente.

**A quien corresponda:**


Por medio de la presente le envié un cordial saludo e informo a Usted que no existe inconveniente para que los investigadores:

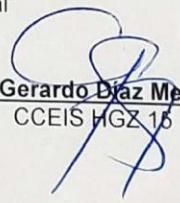
- Dra. Denisse Adriana Matus Piñón, Médico no familiar, adscrito al servicio de urgencias del Hospital General de Zona 15, matrícula 97222392.
- Dr. Jorge Ayón Aguilar, Coordinador auxiliar médico de investigación, adscrito a OOAD Puebla, matrícula 99222553.
- Dr. Gerardo Díaz Merino, Coordinador Clínico de Educación e Investigación en Salud del Hospital General de Zona 15, matrícula 98310429.
- Dr. Eduardo Abraham Quintero Sotomayor, médico residente de primer año de la especialidad de urgencias médico quirúrgicas, adscrito al Hospital General de Zona 15, matrícula 97226734.

Puedan llevar a cabo la investigación derivada del protocolo: "METODO DE FICK COMO PREDICTOR DE RESPUESTA HEMODINAMICA EN PACIENTES CON INSUFICIENCIA CARDIACA AGUDIZADA EN TRATAMIENTO CON VENTILACION CON PRESION POSITIVA NO INVASIVA". Así mismo se autoriza el acceso a expedientes, uso de fármacos y toma de exámenes de laboratorio que se encuentren autorizados por el IMSS. Respetando en todo momento la privacidad y el resguardo de información de los sujetos de estudio, apegándose a las buenas prácticas clínicas de investigación. Sin otro asunto en particular, le reitero la seguridad de mis respetos.

"Seguridad y solidaridad social"

ATENTAMENTE

  
**Dra. Karla Mariela Sánchez Trujillo**  
Directora del HGZ 15

  
**Dr. Gerardo Díaz Merino**  
CCEIS HGZ 15

C.c.p Expediente del alumno.

Paseo de la Reforma No. 476, Mezzanine Oriente, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C. P. 06500, Ciudad de México

