

11209

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

PETRÓLEOS MEXICANOS
DIRECCIÓN CORPORATIVA DE ADMINISTRACIÓN
SUBDIRECCIÓN DE SERVICIOS MÉDICOS
HOSPITAL CENTRAL NORTE

**“USO DE LA TONOMETRIA GÁSTRICA DE FASE AÉREA EN
PACIENTES SOMETIDOS A CIRUGÍA ABDOMINAL, EXPERIENCIA EN
EL HOSPITAL CENTRAL NORTE DE PETRÓLEOS MEXICANOS.”**

TESIS DE POSTGRADO QUE PRESENTA
PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
CIRUGÍA GENERAL

DR. JOSÉ LUIS RUÍZ PIER

ASESORES:

DR. JOSÉ MANUEL RAMÍREZ HERNÁNDEZ

DR. ROBERTO SÁNCHEZ MEDINA

DR. ROBERTO LONDAIZ GOMEZ

MÉXICO D.F. SEPTIEMBRE 2005

m348562



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

i.	Dedicatoria.....	3
ii.	Agradecimientos.....	4
iii.	Autoridades del Hospital Central Norte.....	5
iv.	Asesores de Tesis.....	6
I.	INTRODUCCIÓN.....	7
II.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	8
II.	MARCO TEÓRICO.....	9
	• Antecedentes.....	9
	• Aspectos históricos relacionados.....	12
	• Descripción técnica de la tonometría gástrica.....	13
	• Validación.....	16
	• Mediciones.....	17
	• Aplicaciones Clínicas.....	18
III.	JUSTIFICACIÓN.....	21
IV.	HIPOTESIS.....	22
V.	OBJETIVOS.....	22
	• Objetivo General	
	• Objetivos particulares	
VI.	TIPO DE ESTUDIO.....	23
VII.	DISEÑO.....	23
	a) Método de Selección de la muestra	
	b) Criterios	
	c) Definición de Variables	
	d) Material y métodos	
VIII.	PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	25
IX.	RESULTADOS.....	27
X.	DISCUSIÓN.....	31

XI. CONCLUSIONES..... 32

IX. CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO..... 33

X. RECURSOS Y LOGÍSTICA..... 35

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 36

ANEXOS.

1. LISTADO DE ABREVIATURAS..... 41



DEDICATORIA.

El presente trabajo está dedicado a

La memoria del **Dr. José Luis Pier Cáceres**,
sin sus sabios consejos, cariño y empeño en mi
educación nada de esto hubiera sido posible.

Mi esposa **Zolla Esmeralda** y mi pequeña hijita
Hania, fuentes de fortaleza, aliento, inspiración,
humor, Fé y optimismo para lograr mis metas.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por darme la oportunidad de llegar a este momento.

MI FAMILIA

De manera muy especial a **Zoila Esmeralda Bugarín Torres** y **Hania Esmeralda Ruíz Bugarín**, que han tolerado con paciencia, amor y cariño, mis ausencias, desvelos y cansancio (éste peldaño lo hemos subido los tres).
Nuevamente gracias y ¡Vamos por MÁS!

MIS PADRES

José Luis Ruíz y **Martha Pier**, mi hermana **Martha Araceli**, por todas las atenciones recibidas. Ustedes han ayudado en gran manera a fortalecer mi carácter.

MIS ASESORES

A los doctores **José Manuel Ramírez Hernández** y **Roberto Sánchez Medina**, **Roberto Londaiz Gómez** por su tiempo y dedicación para la realización de éste trabajo. ¡Mil gracias!

AMIGOS Y MAESTROS:

Dr. Joaquín Aguilar Hernández, Dr. Carlos Camacho Mondragón,
Dr. Raúl Castellanos Alejandre, Dr. Luis García Irazoqui,
Dra. Prima Esmeralda Gómez, Dr. Julio César Gómez Trejo,
Dr. Fernando Guaní Toledo, Dr. Jorge Isaac Gutiérrez Macal,
Dr. Luis Raúl López Conde, Dr. Juan Carlos Luque Heras,
Dr. Axayácatl Mendoza Cortes, Dr. Enrique Mandujano Vera,
Dr. José Refugio Mora Fol, Dr. Juan Antonio Nemer Del Campo,
Dr. Ricardo Palacios Merino, Dr. Alejandro Priego Niño,
Dr. Enrique Quiroz Magaña, Dr. Manuel Salinas Gurrión,
Dr. Antonio Torres Trejo, Dr. Adolfo Usla Irigoyen,
Dr. Javier Vargas Martínez, Dr. Fernando Vistraín Alva.

AUTORIDADES DEL HOSPITAL CENTRAL NORTE.



**DR. JAIME ELOY ESTEVAN BAZ
DIRECTOR DEL HOSPITAL CENTRAL NORTE**



**DR. ROBERTO LONDAIZ GÓMEZ
JEFE DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN DEL
HOSPITAL CENTRAL NORTE.**



**DR. ANTONIO TORRES TREJO
JEFE DEL SERVICIO DE CIRUGÍA GENERAL
HOSPITAL CENTRAL NORTE.**

ASESORES DE TESIS.



**DR. JOSÉ MANUEL RAMÍREZ HERNÁNDEZ
MÉDICO INTENSIVISTA
HOSPITAL CENTRAL NORTE
ASESOR DE TESIS.**



**DR. ROBERTO SÁNCHEZ MEDINA
CIRUJANO GENERAL
HOSPITAL CENTRAL NORTE
ASESOR DE TESIS.**



**DR. ROBERTO LONDAIZ GÓMEZ
JEFE DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN
HOSPITAL CENTRAL NORTE
ASESOR DE TESIS.**

I. INTRODUCCIÓN.

La tonometría gástrica de fase aérea es una técnica de monitorización de reciente aplicación en México, disponible en algunos centros hospitalarios incluidos el Hospital Central Norte de Petróleos Mexicanos, que en un afán de ofrecer lo más reciente en tecnología aplicada a la atención de su derechohabencia, la pone a disposición de los pacientes críticamente enfermos en la unidad de cuidados intensivos. El presente trabajo es el resultado de la experiencia en el uso de ésta técnica de monitoreo en pacientes intervenidos de abdomen, realizado a manera de cooperación e interacción entre los servicios de Terapia Intensiva y Cirugía General, aumentando los conocimientos de fisiología circulatoria, vascular y de distribución de gases estableciendo nuevos conceptos como el índice de perfusión gastrointestinal, y la serie de mediciones que se describirán a continuación.

Esperando contribuir con una fuente más de líneas de investigación a nivel clínico, con una infraestructura con la que ya se cuenta, y que no implica una erogación extra, pero si un beneficio potencial agregado a la atención que reciben los pacientes de ésta institución, se presenta el siguiente trabajo.

II. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Las complicaciones post quirúrgicas representan un problema a diversos niveles condicionando estancias prolongadas en servicios de cuidados intensivos, intermedios, y hospitalización, duplicidad de gastos en el uso de recursos, generación de incapacidad y dificultad para la reintegración de los individuos afectados a sus labores cotidianas con períodos de rehabilitación variables, considerablemente más prolongados. Los procedimientos que más se realizan en un servicio de cirugía general son los que involucran la cavidad abdominal, por lo tanto se propone un método que logre identificar de manera temprana las complicaciones derivadas de un aporte y disposición inadecuados de oxígeno a nivel de los tejidos.

III. MARCO TEÓRICO.

ANTECEDENTES.

Desde hace más de 45 años se ha propuesto al tubo digestivo como sitio primordial en la patogénesis del síndrome de respuesta inflamatoria sistémica (SIRS), en un inicio Fine y colaboradores atribuían a la presencia de endotoxinas, como las responsables del inicio de este síndrome. De manera posterior se ha modificado el enfoque conocer que es la traslocación bacteriana posterior a la isquemia intestinal, la causa primaria en la fisiopatología de éste síndrome. (1, 2, 3) (figura 1)

El modelo propuesto para explicar lo anterior se basa en dos pasos principales: En un inicio el compromiso de la perfusión y la oxigenación tisular, con el posterior daño y disrupción de la barrera gastrointestinal con el acceso de las bacterias y/o sus productos a la circulación general. El segundo paso o alternativa es la lesión por isquemia-reperusión con la liberación masiva de mediadores inflamatorios. (4)



Fig. 1 Fisiopatología del Síndrome de Respuesta Inflamatoria sistémica.

La tonometría gástrica de fase aérea es una técnica de monitoreo no invasiva que mide el nivel de bióxido de carbono (CO_2) a nivel de la mucosa gástrica, y ofrece un medio para evaluar la perfusión gastrointestinal y la oxigenación, además que puede emplearse para proporcionar una evaluación metabólica del tejido mucoso, el concepto se basa en que el CO_2 difunde de la mucosa intestinal a la luz del estómago y subsecuentemente pasa a un balón de silicona en el tonómetro mismo que se encuentra conectado a una computadora en un equipo de monitoreo y análisis continuo de gases en tiempo real. (Figura 2)

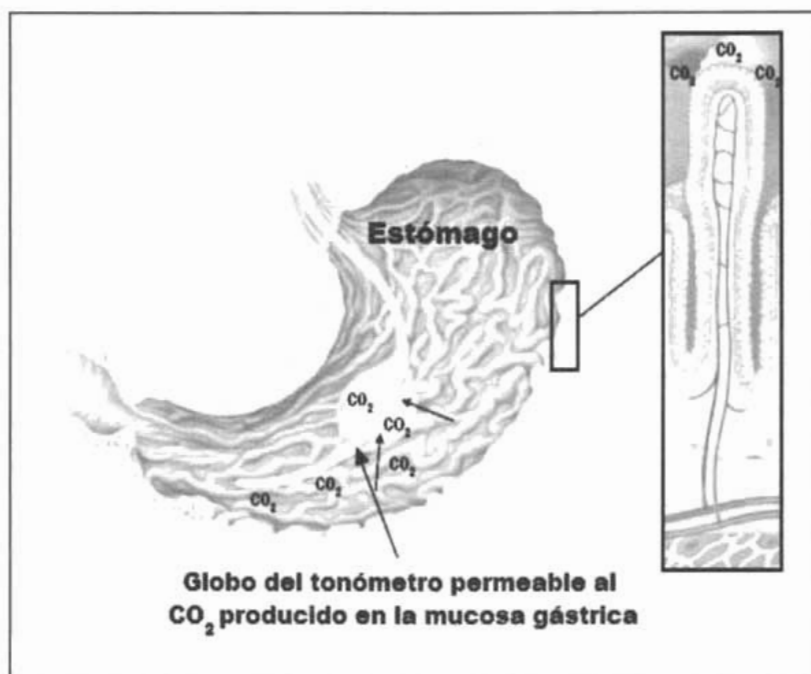


Figura 2. Principio de la tonometría gástrica de fase aérea.

Se ha demostrado en estudios experimentales que la presión intramucosa gástrica de bióxido de carbono (PgCO_2) aumenta antes que el consumo de oxígeno (VO_2).

En el estado de choque desde hace muchos años es sabido que existe una hipoperfusión en aquellos órganos no necesarios durante un evento de *stress* (lecho esplácnico), el cual en su conjunto demanda un gasto sanguíneo importante, el aporte (DO_2) y consumo de oxígeno sufre un desequilibrio, mismo que resulta en disminución del riego de la mucosa gastrointestinal.

La hipoperfusión esplácica implica un incremento de la $PgCO_2$, lo cual no se equipara a la disoxia, por un lado tenemos que el lactato sérico no aumenta, ni tampoco disminuye el pH; lo cual se define como “nivel crítico de aporte de oxígeno” en donde el VO_2 no se puede mantener, por otra parte el aumento de la $PgCO_2$ es una señal temprana de hipoperfusión sistémica misma que puede tratarse antes de que se presente daño celular.

La $PgCO_2$ inicia su elevación cuando el aporte de oxígeno a la mucosa visceral se ha reducido en un 30%. Cuando el aporte de oxígeno alcanza sus niveles críticos, la producción anaeróbica de CO_2 contribuye al aumento de la $PgCO_2$, mientras el pH arterial disminuye, provoca por lo tanto el descenso del pH de la mucosa gástrica (pHi). Sin embargo la utilización del pHi como guía terapéutica ha probado ser ineficaz. La $PgCO_2$ necesita ser comparada con la presión arterial de CO_2 ($PaCO_2$) para eliminar la influencia de la ventilación, una diferencial de CO_2 (CO_2gap) de 18 mmHg se ha encontrado como pronóstico de Disfunción Orgánica Múltiple (DOM) y muerte. Más recientemente se ha asociado un valor umbral de 20 mmHg para el CO_2gap en pacientes con ventilador y riesgo aumentado de mortalidad. De lo anterior se concluye que cualquier valor entre 8 mmHg (normal) y 18 mmHg sugiere redistribución del flujo que amerita intervención terapéutica inmediata. (5, 6, 7) (Figura 3)




$PgCO_2$	$P(g-a)CO_2$	$P(g-Et)CO_2$	
>60 mmHg 8.0 kPa	>20 mmHg 2.5 kPa	>25 mmHg 3.5 kPa	ADVERTENCIA Implementar la terapia para correcciones. 
50-60 mmHg 6.5-8.0 kPa	10-20 mmHg 1.5-2.5 kPa	15-25 mmHg 2.0-3.5 kPa	PRECAUCIÓN ¿Tiende a la mejoría o al deterioro? 
<50 mmHg 6.5 kPa	<10 mmHg 1.5 kPa	<15 mmHg 2.0 kPa	PROCEDER Continuar la monitorización de la perfusión gástrica 

Figura 3. Interpretación de los valores obtenidos por tonometría.

Una alternativa a la medición de la diferencia de CO_2 mucosa-arterial $P(g-a)CO_2$ es correlacionar la $PgCO_2$ a la presión de CO_2 volumen corriente final ($PetCO_2$). El sistema Tonocap S/5™ (Datex-Ohmeda™, Helsinki, Finlandia) toma automáticamente el trazo de la $PetCO_2$ y permite el monitoreo continuo de la diferencia entre las presiones de CO_2 gástrica y volumen corriente final $P(g-$

et)CO₂. Ésta diferencia se puede utilizar como **índice de perfusión gastrointestinal** en pacientes críticos o durante cirugías de alto riesgo. (8)

En sus principios la tonometría gástrica se utilizaba con la instilación de solución salina dentro del tonómetro, ésta forma de realizar la determinación del CO₂ gástrico tenía el inconveniente de requerir un equipo de análisis de gases a la cabecera del paciente, con las consecuentes variaciones en el análisis de la solución ya que la medición se hacía de forma intermitente. Aún existe cierta preocupación sobre la reproducibilidad y exactitud de la tonometría en la forma actual, el monitor ideal en el ambiente de los cuidados intensivos debe detectar anomalías en tiempo que puedan ser solucionadas de manera oportuna para mejoría del paciente. La mayoría de los autores sobre el tema utilizan tiempos de calibración de 30 minutos, según la recomendación del fabricante en caso de la tonometría de fase salina, algunos incluso utilizaron periodos de 60-90 minutos para asegurar la calibración del equipo, lo cual es impráctico en una unidad de cuidados intensivos, además de poco reproducible, en comparación con el sistema automatizado de fase aérea que vence dichas limitaciones. (9, 10, 11)

ASPECTOS HISTÓRICOS RELACIONADOS.

Las fechas clave en el desarrollo de la tonometría gástrica son:

1964. Bergofsky utilizó el concepto de tonometría para medir el PO₂ y el PCO₂ de la mucosa de la vejiga urinaria por medio de la inyección de solución salina en el lumen de dicho órgano. El PCO₂ de la solución salina aumentó y el PO₂ se redujo a medida que se aproximaban a los valores medidos en la sangre.

1966. Dawson inyectó solución salina en los sacos intestinales de animales de laboratorio y reportó cambios proporcionales en el PO₂ y el PCO₂ de la sangre y la solución salina.

1973. Kivisaari y Niinokoski emplearon un tubo flexible repleto de solución salina fabricado con un material permeable al oxígeno y al CO₂ para medir la presión parcial de tales gases,

1982. Fiddian-Green y sus asociados desarrollaron aún más el concepto, aplicando los valores tonométricos para estimar el pH de los tejidos basado en 2 premisas:

1. El PCO₂ medido tonométricamente se relaciona al PCO₂ intramuscular. Esta aseerción supone que el CO₂ se difunde libremente por los tejidos, de forma que el PCO₂ en el fluido luminal se equilibra con el PCO₂ de las mucosas.

2. La concentración de bicarbonato de la sangre arterial equivale a la de las mucosas intestinales. Esta es una premisa pragmática y parece ser válida en la mayoría de las situaciones en las que se aplica el monitoreo tonométrico. (12)

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA TONOMETRÍA GÁSTRICA.

La tonometría gástrica aporta información sobre la perfusión de la mucosa gástrica. El monitor Tonocap™ (Datex-Ohmeda™, Helsinki Finlandia) y el módulo de tonometría compatible con los monitores de anestesia y cuidados intensivos Datex-Ohmeda S/5™ brindan mediciones rápidas semicontinuas y automatizadas de la perfusión a nivel de mucosa gástrica, el catéter especial Tonometrics™ (Ref Tono, Datex-Ohmeda™ Helsinki, Finlandia) se conecta al módulo/monitor y obtiene las muestras de CO₂. (Figura 4)

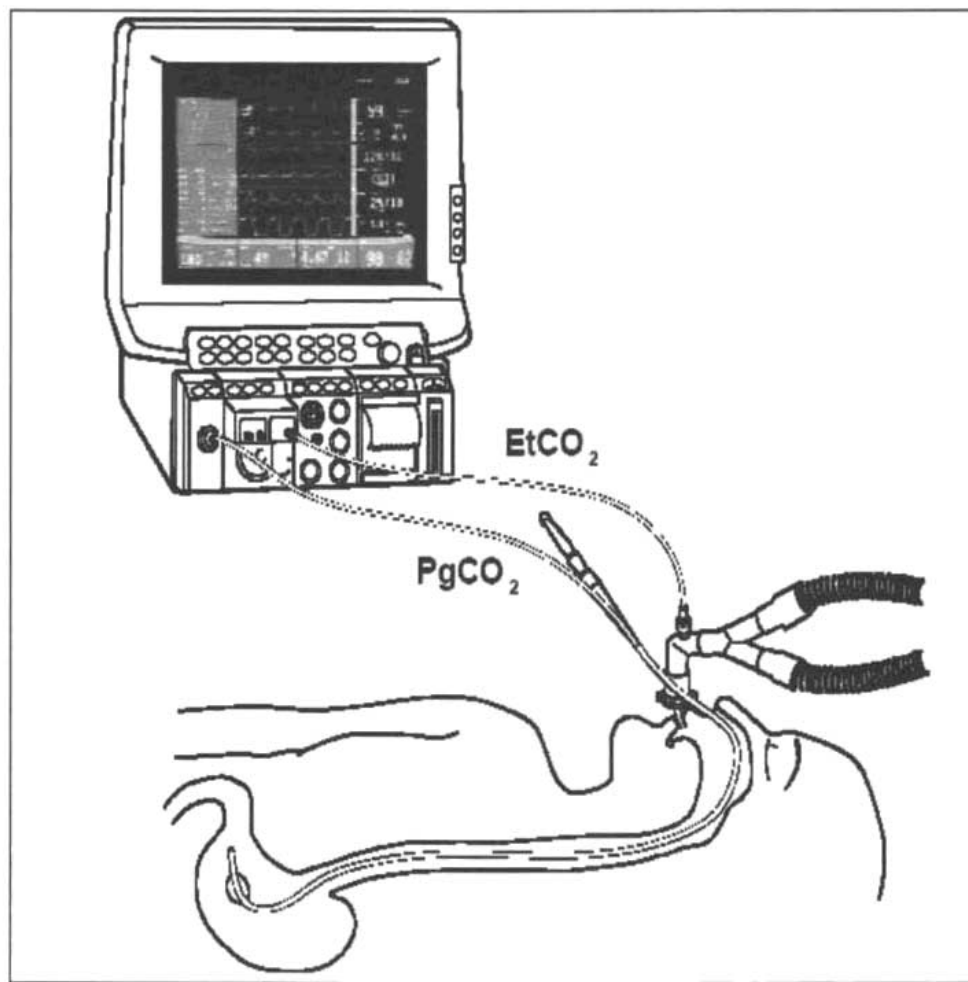


Figura 4. Esquema de colocación de la sonda, módulo y monitor.

El primer valor determinado por la tonometría es la $PgCO_2$, la cual se utiliza para estimar la PCO_2 de la mucosa gástrica, en situaciones normales la $PgCO_2$ se aproxima a la PCO_2 arterial. Un incremento de ésta, interpretado como hipercapnia regional indica un desequilibrio entre la producción de CO_2 y su remoción.

El catéter Tonometrics™ se sitúa en la cámara gástrica, consta de tres vías y un globo de silicón permeable a gas en el extremo distal. El catéter se inserta utilizando la misma técnica que se utiliza en la colocación de una sonda nasogástrica. Además del lumen de tonometría, este dispositivo posee otro que puede ser utilizado para alimentación, descompresión o aspiración. (Figura 5)

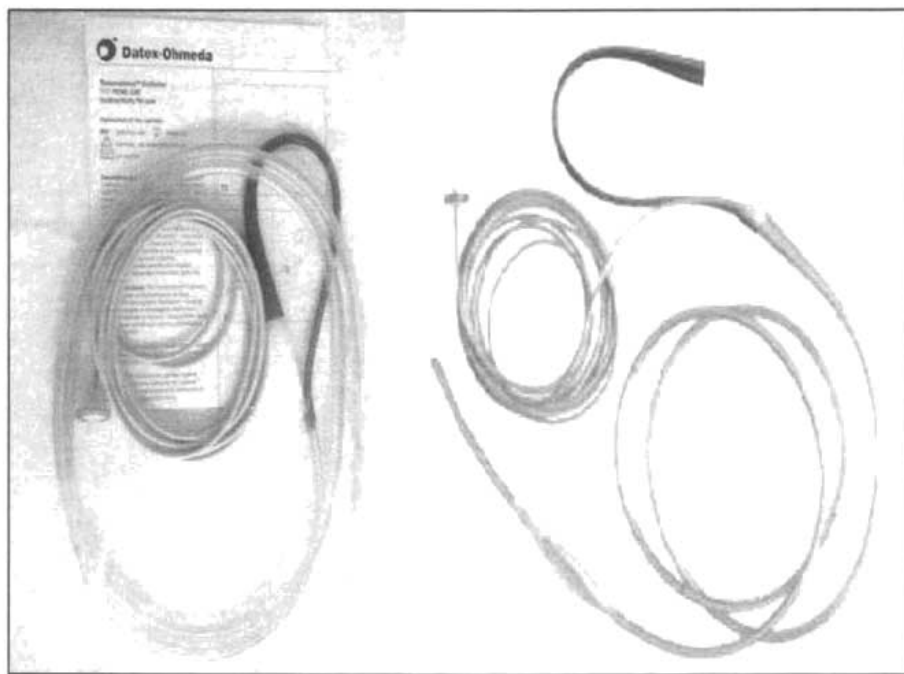


Figura 5. Sonda para tonometría Tonometrics™ (Datex-Ohmeda™, Helsinki, Fin.)

La posición adecuada del catéter de tonometría es esencial para mediciones más exactas, una localización muy cercana al píloro aumenta de manera errónea el CO_2 luminal por reflujo duodenal, así mismo una localización esofágica no proporcionará lecturas correctas; los marcadores impresos en la superficie del catéter, sirven como apoyo en la colocación, la manera más práctica de verificar la posición del catéter es mediante la aspiración de contenido gástrico o por auscultación, el catéter es radiopaco por lo que se puede ubicar por medio de estudios radiológicos.

Es muy importante permitir el libre flujo de gas entre el globo del catéter y el sensor infrarrojo, por lo que no debe pinzarse el catéter, la verificación del flujo libre en la línea de toma de muestra es esencial. Igualmente importante es la remoción del aire ambiente del estómago previo a la medición tonométrica.

La tonometría de fase aérea automática ha resuelto problemas prácticos en la medición de PCO_2 . El monitor de manera automatizada llena el globo del catéter con 4 ml de aire ambiente, el CO_2 se equilibra libremente entre la mucosa gástrica y el contenido en el globo, la muestra se succiona después de 10 minutos, y se mide en el monitor con un sensor infrarrojo. Para compensar una calibración incompleta se aplica un factor de corrección, posteriormente la muestra se regresa nuevamente al globo para permitir tiempos de calibración más rápidos, el ciclo se repite en intervalos de 10 minutos, el estado real de la $PgCO_2$ se toma a partir de la segunda o tercera medición, la primera determinación se considera contaminada por aire presente en la línea de muestreo diluyendo el contenido de CO_2 . Un tubo de Nafion se utiliza entre el sensor de CO_2 y el monitor para balance de humedad entre la muestra y el aire ambiente.

Entre las medidas de seguridad con que cuenta esta técnica, el catéter se conecta al módulo con un biofiltro integrado a la línea de muestreo que previene contaminación con líquidos o bacterias, la monitorización continua de la presión dentro del globo evita la hiperinsuflación. Si la presión dentro del globo excede el límite preestablecido la medición se cancela de manera automática.

Entre los parámetros que se pueden obtener mediante esta técnica dos destacan como mejores marcadores de hipoperfusión en comparación a la $PgCO_2$ sola: $P(g-a)CO_2$ y $P(g-et)CO_2$ gap.

La $PgCO_2$ esta influenciada por la $PaCO_2$, que en los pacientes críticamente enfermos puede variar rápidamente. Este puede ser corregido calculando la diferencia gástrico-arterial de CO_2 , la cual se puede obtener al introducir los datos de la gasometría al monitor. La solubilidad del CO_2 varía de manera significativa con la temperatura, por tanto es importante reportar la temperatura del paciente en el momento de la medición.

Comúnmente la $PaCO_2$ es corregida en los gasómetros a $37^\circ C$ de manera automática, pero actualmente la mayoría muestran la opción del cálculo para la corrección de la temperatura. Los monitores Datex-Ohmeda S/5™ tienen el algoritmo de corrección en el *software*. La temperatura corporal y la $PaCO_2$ se introducen en el menú de datos y la $PaCO_2$ corregida es calculada automáticamente. Se puede obtener la medición continua de la $etCO_2$, en conjunto con la monitorización de la $PgCO_2$ de manera simultánea. Tomando 4 mmHg (0.5 kPa) como la diferencia arterio-alveolar en pulmones sanos, la $etCO_2$ puede representar la $PaCO_2$, lo cual elimina la necesidad del análisis de gases sanguíneos en el cálculo del gradiente de CO_2 .

De manera alternativa el pHi puede calcularse de acuerdo a la fórmula de Henderson-Hasselbalch.

El pH gastrointestinal se calcula a partir del CO₂ medido y el bicarbonato sanguíneo de sangre arterial utilizando la ecuación de Henderson–Hasselbalch:

$$pHi = 6.1 + \log_{10} (\text{arterial } [HCO_3^-] / P_gCO_2 \times K)$$

Donde K = constante de equilibrio dependiente de tiempo.

El valor del pHi se calcula combinando P_gCO₂ (el componente regional) y el bicarbonato arterial (componente sistémico) en la ecuación modificada de Henderson–Hasselbalch. El software calcula el pHi basado en una fórmula modificada utilizando la diferencia de pH entre la sangre arterial e intramucosa.

$$pHi = pH_a + \log(P_aCO_2 / P_gCO_2)$$

De manera tradicional pHi ha sido el valor más comúnmente utilizado en la aplicación de la tonometría gástrica. Sin embargo, se ha criticado su uso como marcador de hipoperfusión gastrointestinal porque combina un marcador sistémico de disfunción ácido–base (bicarbonato sistémico) con la producción local de CO₂ del tracto gastrointestinal. Se asume también que el bicarbonato gastrointestinal es igual al arterial, lo cual no es necesariamente cierto en los tejidos pobremente perfundidos. El cálculo del pHi incluye muchas fallas potenciales, pero el P(g-a) o el P(g-et)CO₂ *gap* se consideran como mejores indicadores de alteraciones en la perfusión esplácnica. (13, 14)

VALIDACIÓN.

La tonometría de fase salina está bien validada para la medición del CO₂ como lo es pHi para la medición del pH de la mucosa gástrica. La tonometría de fase aérea, en particular el Tonocap S/5™ también se encuentra bien validado para la medición de CO₂, pero debido a su reciente introducción cuenta con menos estudios clínicos que den soporte. (15, 16, 17, 18)

La mayoría de los estudios apuntan hacia el hecho de que la tonometría de fase salina muestra de manera consistente un sesgo al subestimar el PCO₂ actual, en comparación con la de fase aérea; esto puede ser el resultado de la aplicación de un factor de corrección erróneo para compensar una calibración incompleta o una medición incorrecta del CO₂ en la gasometría sanguínea. Una comparación in vivo en un grupo de pacientes sépticos entre el Tonocap S/5™ y la tonometría de fase salina, mostró que la segunda reportó de manera constante valores bajos de CO₂ con un sesgo de 1.88 Kpa y una precisión de 1.22 Kpa. Se concluyó que existen diferencias clínicas significativas en los valores para la PCO₂ de la mucosa

gástrica medidas por tonometría de fase aérea y la de fase salina tanto in vivo como *in vitro*. Lo anterior confirmado en otros estudios. (19, 20, 21)

La tonometría de fase aérea proporciona una alta reproducibilidad en sus resultados, en comparación con los otros medios equilibrantes utilizados, dicha diferencia en resultados, ya señalada en los estudios mencionados, significa que no se deben aplicar los resultados de las técnicas de tonometría previas a la práctica de la tonometría de fase aérea actual.

MEDICIONES.

PHI

El pH gastrointestinal se calcula a partir del CO_2 medido y el bicarbonato sanguíneo determinado en el análisis utilizando la fórmula de Henderson-Hasselbalch como ya se explicó de manera previa.

Un pH con valor menor de 7.32 se toma de manera general como anormal y existe un suficiente evidencia para establecer que un valor bajo es un buen predictor de mal pronóstico en pacientes graves en la unidad de cuidados intensivos, postoperados de cirugía cardíaca y aquellos sometidos a cirugía mayor abdominal electiva. Últimamente se ha criticado éste parámetro como marcador de hipoperfusión gastrointestinal porque combina un marcador de disfunción ácido-base (bicarbonato sistémico) con producción local de CO_2 en el tracto gastrointestinal. Se asume también que el bicarbonato gastrointestinal es igual al arterial, lo cual no es necesariamente cierto en los pacientes con perfusión deficiente. (22, 23, 24, 25, 26)

PgCO₂

En un intento por encontrar un mejor marcador de hipoperfusión gastrointestinal, se ha referido el PgCO_2 como el CO_2 arterial (PaCO_2) y el CO_2 del volumen corriente final (PetCO_2). Es lógico asumir que si la brecha (*gap*) es anormal existe una alteración entre la perfusión gastrointestinal y el metabolismo aerobio, pero es difícil ser más específico. La razón para el cambio en la brecha variará con los cambios en el metabolismo y la perfusión de manera independiente. Se sabe detecta de manera puntual la hipoxia por hipovolemia, pero disminuye su eficacia en la hipoxia anémica, probablemente por limitaciones de flujo. (27)

PgCO₂ – PaCO₂ gap

El gradiente de presiones de CO_2 gástrica y arterial, PgCO_2 – PaCO_2 *gap*, se ha postulado como mejor marcador de isquemia que el pHi o el PgCO_2 solo. Se ha demostrado que una diferencial reducida se asocia con un flujo sanguíneo

aumentado a nivel de la mucosa. Es difícil definir el valor normal, pero en voluntarios sanos fue < 1.1 Kpa. Lo cual constituye un gradiente crítico, por ejemplo: uno al cual se desencadena el desarrollo del metabolismo anaerobio y la producción de ácido láctico es debatible pero parece ser aproximadamente de 3.3 Kpa. El $PgCO_2$ - $PaCO_2$ *gap* tiene la ventaja de no ser influenciado por la ventilación alveolar, ya que ambos serían afectados de manera simultánea. Sin embargo, lo anterior puede ser cierto, ya que un cambio en la ventilación altera la distribución del flujo sanguíneo. Se ha demostrado en voluntarios sanos que el primer signo de hipovolemia fue un aumento del gradiente de $PgCO_2$ - $PaCO_2$.

(28, 29, 30, 31, 32, 33)

$PgCO_2$ – $PetCO_2$

El uso de la diferencial entre la presión de bióxido de carbono y la presión de bióxido de carbono del volumen corriente final también se ha manejado como un marcador de hipoperfusión gastrointestinal. El consenso actual es que un valor de 1.5 – 2 Kpa es normal (tomando como referencia 0.5 Kpa en la diferencia arterio-alveolar en pulmones sanos). Existe poca información sobre el uso del gradiente de $PgCO_2$ - $PetCO_2$ lo cual obviamente dificulta la comparación de estudios. Un estudio observacional de 11 pacientes críticamente enfermos dicho gradiente contra el pHi y encontraron que un valor del gradiente de 3 Kpa fue altamente específico pero no sensible en el diagnóstico de la acidosis intramucosa. El área de mayor interés en el uso del gradiente de $PgCO_2$ - $PetCO_2$ es que un grado de discrepancia de V/Q produzca una influencia independiente en el gradiente no relacionada a la perfusión gastrointestinal, lo cual reduciría su valor como marcador específico de la perfusión gastrointestinal. (34)

APLICACIONES CLÍNICAS

Casi todos los estudios reportados sobre tonometría han utilizado la fase salina y el pHi . El pH de la mucosa gástrica se ha mostrado como un predictor muy sensible pero poco específico en la evolución de los pacientes críticamente enfermos. Las variables tonométricas gastrointestinales han probado ser significativas en la predicción de falla orgánica múltiple y muerte en diversas condiciones como la ventilación mecánica, trauma, sepsis, cirugía vascular urgente, cirugía cardiovascular, pancreatitis aguda y trasplante hepático ortotópico. Su uso en estudios intervencionistas como guía terapéutica es controversial. (35)

CUIDADOS INTENSIVOS.

El uso del pHi como predictor de la evolución está bien establecido, pero su uso como guía en la terapia intervencionista es menos claro, para aquellos que presentan un pHi bajo, la terapia intervencionista ha sido decepcionante, en

cambio para los que presentan un pHi normal, los intentos para mantenerlo han sido más promisorios.

En un trabajo en pacientes críticamente enfermos, Doglio y colaboradores, estudiaron 80 enfermos críticos admitidos en la unidad de cuidados intensivos, midiendo su pHi al ingreso y 12 horas después; encontrando que el pHi fue altamente específico como predictor de supervivencia (77.8 a 80.6%) y que aquellos cuyo pHi fue menor a 7.35 tuvieron una alta mortalidad (65.4% vs 43.6%; $p < 0.04$). También encontraron que aquellos que continuaban con un pHi anormal a las 12 horas la tasa de mortalidad se incrementaba al 87%. Maynard y colaboradores también estudiaron 83 pacientes críticamente enfermos hospitalizados en la unidad de cuidados intensivos que requirieron cateterismo de la arteria pulmonar, encontrando que solo la determinación de pHi a las 24 horas predijo de manera independiente la muerte con una sensibilidad de 88% (22, 36).

En uno de los estudios iniciales, el realizado por Gutiérrez y colaboradores que incluyó 260 pacientes admitidos en la unidad de cuidados intensivos, se tomó como normal un valor de pHi de 7.35; y encontraron poca diferencia entre el grupo estudio y control, pero aquellos que exhibían un pHi normal o alto tuvieron una tasa de supervivencia significativa en comparación con el grupo control (58% vs. 42%). Sin embargo dicho estudio fue criticado por la alta tasa de mortalidad del grupo control y la falta de uniformidad en el manejo. (5)

Ivatury y colaboradores realizaron un estudio en 57 pacientes traumatizados admitidos en la unidad de cuidados intensivos. Concluyeron que la terapéutica guiada por tonometría fue superior en las primeras 24 horas, y que la persistencia de un pHi bajo se correlacionaba con mal pronóstico, lo cual fue común a otros estudios realizados. (37)

El retiro de ventilador de los pacientes sometidos a ventilación mecánica en la unidad de cuidados intensivos es un problema frecuente, y se ha notado la correlación entre lo anterior y un pHi bajo. La razón radica en un trabajo respiratorio aumentado mantenido a expensas del flujo esplácnico. En un estudio de 24 pacientes se comparó el poder predictivo de la $PgCO_2$ y la frecuencia sobre el volumen corriente final para un destete difícil, sin embargo las diferencias fueron pequeñas. Por tanto la evidencia observacional es poco concluyente como para recomendar su uso en este rubro. (38, 39, 40)

Otro punto a señalar y que todavía continúa en controversia es la relación que guarda el uso de esta modalidad y su afección por la administración de fármacos vasoactivos, los resultados de algunos estudios han sido incluso contradictorios al respecto, los fármacos utilizados han sido evaluados han sido la dopexamina, la norepinefrina y la dobutamina. En un estudio comparativo se observó la disminución del pHi en pacientes que recibieron dopamina y aumento en los que se les administró norepinefrina. En el trabajo de Joly y colaboradores que incluyó solo 14 pacientes con choque séptico, los cuales fueron reanimados con volumen,

y 12 ameritaron la adición de norepinefrina con disminución del gradiente de $\text{PgCO}_2\text{-PaCO}_2$ lo cual indica una mejoría en la perfusión. Estudios en animales muestran que la dopamina acidifica de manera directa las células de las criptas, en un mecanismo que involucra la inhibición mediada por c-AMP del intercambio de sodio por hidrógeno, este hallazgo bien puede ser la explicación de la acidificación de la mucosa intestinal durante la infusión de dopamina a dosis-baja, a pesar de una mejoría demostrable en la perfusión esplácnica. (41, 42)

CIRUGÍA.

Existe poca información sobre la incidencia de mediciones anormales perioperatorias utilizando el TonocapTM por este motivo Bennet-Guerrero y colaboradores realizaron un estudio prospectivo en el cual se tomaron 100 pacientes sometidos a cirugía cardíaca utilizando variables medidas y derivadas del TonocapTM. Y encontraron los siguientes índices como predictores de complicaciones postquirúrgicas; pHi ($p < 0.001$), PgCO_2 ($p < 0.022$) y $\text{PgCO}_2\text{-PaCO}_2$ ($p < 0.013$) los cuales fueron más predictivos que las mediciones hemodinámicas tomadas de manera rutinaria. El uso de dichas variables en el transoperatorio fue menos predictivo que los obtenidos en el período postoperatorio. En los trabajos de Mythen y colaboradores en pacientes de cirugía cardiovascular, encontraron que aquellos pacientes con un $\text{pHi} < 7.32$ medido en el transoperatorio, a pesar de mantener un adecuado gasto cardíaco presentaron más complicaciones y generaron más costos. Y demostraron que utilizando el doppler como guía en la optimización del volumen en pacientes sometidos a cirugía cardíaca tuvieron menos evidencia de hipoperfusión de la mucosa gastrointestinal, es decir un $\text{pHi} > 7.32$, y de manera consecuente una mejoría en comparación con su grupo control. (43, 23, 25)

En 1999 LeBuffe y colaboradores reportaron que la tonometría de fase aérea puede ser utilizada para identificar a aquellos pacientes en riesgo de falla circulatoria posterior a cirugía cardiovascular de manera más temprana que con las variables hemodinámicas convencionales. (8)

Von Montiny y colaboradores utilizaron el pHi y el gradiente de $\text{PgCO}_2\text{-PaCO}_2$ como índices de perfusión gastrointestinal en 16 pacientes sometidos a trasplante hepático y concluyeron que la perfusión gastrointestinal se mantuvo dentro de rangos compatibles con el metabolismo aeróbico. Byers y colaboradores establecieron la conexión entre la hipoperfusión gastrointestinal y el daño en la mucosa demostrado por histopatología; también concluyeron que la dopexamina aporta un grado significativo de protección al tracto gastrointestinal en cirugía abdominal mayor por más de 72 horas posterior a la intervención. Juvonen y cols. estudiaron el valor de las variables derivadas de la tonometría para predecir la severidad de la pancreatitis. Sin embargo, solo confirmaron la presencia de

hipoperfusión de la mucosa gástrica, pero no hubo correlación con la severidad de la pancreatitis. (44, 45, 46)

Kirton y colaboradores monitorizaron el pHi en 19 pacientes politraumatizados graves de manera consecutiva y encontraron que el pHi <7.32 se relacionó a un riesgo relativo de mortalidad 4.5 y de 5.4 para presentar DOM; además el mantener un pHi >7.32 a las 24 horas se asoció a una disminución en el riesgo de presentar DOM. (47)

IV. JUSTIFICACIÓN.

Dado que la tonometría gástrica de fase aérea:

1. Es un método de monitoreo de reciente aparición en nuestro país que permite ampliar las fronteras del conocimiento respecto a la circulación del lecho esplácnico en enfermos graves.
2. Por la conformación de la sonda a utilizar (tres vías) puede ser utilizada como sonda de alimentación enteral, o bien de succión del tubo digestivo.
3. Los datos que aporta sobre el estado de la circulación esplácnica son importantes para la guía en la terapéutica de reanimación, y alertadores tempranos sobre el deficiente aporte sanguíneo a este nivel.
4. Los resultados obtenidos por la tonometría de fase aérea pueden correlacionarse con la evolución clínica y ser predictores de complicaciones.
5. Las mediciones pueden graficarse como tendencias y obtenerse de manera continua para facilidad del operador.
6. Se pueden obtener lecturas en tiempo real a distancia utilizando un dispositivo que cuente con conexión a internet inalámbrico.

Se justifica el presente estudio como benéfico en los pacientes sometidos a cirugía gastrointestinal.

V. HIPOTESIS.

La tonometría gástrica de fase aérea es un método de monitorización que alerta de manera temprana sobre complicaciones a nivel circulatorio gastrointestinal y se correlaciona con el resultado de la atención en la unidad de cuidados intensivos en pacientes sometidos a intervenciones quirúrgicas en la cavidad abdominal.

VI. OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL.

Demostrar en enfermos graves sometidos a cirugía abdominal la utilidad del monitoreo con la tonometría gástrica de fase aérea como predictor del resultado final de la atención en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Central Norte, entendiéndose por resultado final los motivos de egreso, ya sea por mejoría o defunción.

OBJETIVOS PARTICULARES.

- Conocer la correlación entre mortalidad y las alteraciones del flujo sanguíneo gastrointestinal medidas por tonometría gástrica de fase aérea.
- Correlacionar los resultados aportados por la tonometría gástrica de fase aérea con los métodos regionales y globales de monitorización disponibles en la unidad de cuidados intensivos.
- Comparar con la literatura los resultados que se obtengan en el empleo de esta técnica en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Central Norte de Petróleos Mexicanos.
- Ofrecer a la derechohabencia de ésta unidad lo último en recursos tecnológicos para su cuidado y atención.

VII. TIPO DE ESTUDIO.

El presente estudio es investigacional y de desarrollo tecnológico ya que incluye la aplicación de una modalidad técnica de reciente implementación con potencial aún no completamente determinado en el monitoreo del paciente crítico, cuantitativo en cuanto a los resultados aportarán parámetros medibles independientemente del juicio del observador.

VIII. DISEÑO.

Se trata de un estudio longitudinal, prospectivo, descriptivo, observacional.

a) MÉTODO DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA

DEFINICION DEL UNIVERSO: El grupo de sujetos que conforman la derechohabencia al Hospital Central Norte de Petróleos Mexicanos.

b) CRITERIOS

CRITERIOS DE INCLUSIÓN: Todos los pacientes del Hospital Central Norte de Petróleos Mexicanos que ingresan a la unidad de cuidados intensivos posterior a una intervención quirúrgica a nivel abdominal sea de urgencia o electiva, rango de edad de 18 a 90 años, *score* APACHE II mínimo de 10 puntos. Que durante su estancia se monitoricen con tonometría de fase aérea al ingreso.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN: Pacientes que, siendo admitidos a la unidad de cuidados intensivos del Hospital Central Norte de Petróleos Mexicanos.

- NO hayan sido intervenidos quirúrgicamente a nivel de abdomen.
- Que estén ingresados por padecimientos crónicos agravados no quirúrgicos.
- Pacientes que intervenidos de abdomen e ingresados a la unidad de cuidados intensivos, no sean monitorizados con ésta modalidad.

CRITERIOS DE ELIMINACION: Pacientes que habiendo sido intervenidos quirúrgicamente a nivel abdominal, ingresados a la unidad de cuidados intensivos, cumplan con un *score* APACHE II mínimo de 10 puntos, por cualquier causa no se pueda realizar monitorización por tonometría gástrica.

c) DEFINICION DE VARIABLES.

VARIABLES INDEPENDIENTES:

- Sexo
- Edad

VARIABLES DEPENDIENTES:

- pH_i
- P_gCO₂
- P_{et}CO₂
- APACHE II
- Alta por mejoría
- Alta por defunción

d) MATERIAL Y MÉTODOS.

Se tomará en cuenta a todos los pacientes derechohabientes del Hospital Central Norte de Petróleos Mexicanos, admitidos en la unidad de cuidados intensivos posterior a una intervención quirúrgica que involucre la cavidad abdominal, que a su ingreso presenten una calificación del (APACHE II) de un mínimo de 10 puntos, se encuentren en el rango de edad de 18 a 90 años; donde se les colocará, (en caso de no habersele colocado en transoperatorio) la sonda Tonometrics™ (Datex-Ohmeda™ Helsinki Finlandia) la cual consta de de un catéter de 18Fr, con biofiltro y línea de toma de muestra la cual se utiliza para la determinación de la PCO₂ gástrica, P_gCO₂ y pH_i, además de contar con otra vía accesoria para utilizarse como línea de alimentación enteral o de succión según se requiera, es radiopaco y tiene marcas a los 45 cm, 55 cm, 65 cm y 75 cm. El uso de antagonistas de los receptores H₂ ó Inhibidores de la bomba de protones mejora la reproducibilidad de las mediciones manteniendo un pH mayor a 4, en cambio los antiácidos generadores de CO₂ pueden alterarlas. Como recomendaciones en el uso de la sonda, ésta debe estar situada en la cámara gástrica, no debe permanecer más de 28 días, puede colocarse por vía nasogástrica u orogástrica de manera usual lubricándola con gel hidrosoluble para facilitar su paso, posteriormente se debe conectar el biofiltro al módulo del monitor de tonometría Tonocap S/5™ Datex-Ohmeda™ (Helsinki Finlandia), pulsar el botón de inicio. Y mediante la red interna se obtienen lecturas en tiempo real, de éste y otros parámetros de monitoreo vital, en la cabecera del paciente, central de enfermeras y oficina médica, lo cual ofrece la ventaja de un monitoreo continuo de ésta variable así como de las otras constantes vitales, además existe un archivo histórico que permite comparar tendencias, y por tanto tomar decisiones sobre el manejo de posibles complicaciones de manera temprana incluso antes de que se presenten en forma clínica; Los resultados obtenidos se compararán con la evolución final de los pacientes incluidos para obtener la relación entre la

mortalidad y las alteraciones en las mediciones tonométricas iniciales. El período comprendido para la inclusión de pacientes es del día primero de enero 2004 al 31 de agosto 2005.

IX. PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

La información de las mediciones de las variables tonométricas, pHi , $PgCO_2$, $P(g-a)CO_2$ y $P(g-et)CO_2$ obtenidas por el conjunto de la sonda Tonometrics™, el módulo y monitor Tonocap S/5™ (Datex-Ohmeda™ Helsinki Finlandia) así como las de los otros métodos de monitorización globales: Frecuencia cardíaca, presión arterial, invasiva y no invasiva, frecuencia respiratoria, temperatura, saturación de oxígeno por oximetría de pulso, capnografía, gasto energético basal y consumo de oxígeno. Son presentados en el momento en el monitor ubicado en la cabecera del paciente, y pueden ser accesados en tiempo real por conexión al servidor de cómputo localizado en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Central Norte en la oficina médica y en la central de enfermeras; dicha información se compila por ficha de identificación y fecha en el servidor de manera histórica y puede disponerse de ella mediante el programa S5 Collect™ (Datex-Ohmeda™ Helsinki Finlandia), el cual es compatible con Windows™, sistema operativo de base en los equipos de cómputo disponibles en la unidad, lo cual a su vez permite el procesamiento de los datos acumulados su graficación individual o cruzada entre parámetros, graficación de tendencias a lo largo de la estancia y visualización con recreación de la pantalla en un momento dado sobre un evento crítico que se desee investigar. El resultado final de la atención de los pacientes incluidos en éste trabajo se tomará de los expedientes clínicos.

La forma de presentación de los resultados será a manera de tablas de porcentajes, en orden de aparición los datos demográficos de la población estudiada, tabla de distribución por sexo y edad con porcentajes, posteriormente los resultados de la aplicación de la escala APACHE II, y las mediciones derivadas del uso del tonómetro, pHi , $PgCO_2$, $P(g-a)CO_2$, $P(g-et)CO_2$, y los resultados finales de la atención definidos como egreso por mejoría o por defunción.

X. RESULTADOS.

Se contabilizaron en el período comprendido entre el primero de enero 2004 al 31 de agosto de 2005, un total de 337 pacientes ingresados a la unidad de cuidados intensivos, de los cuales 64 correspondieron al servicio de cirugía general, se excluyeron 22 pacientes que no se sometieron a intervenciones quirúrgicas de abdomen, otros que implicaban la resección gástrica, o bien, no fueron monitorizados con el tonómetro. Se incluyeron en total 42 pacientes, por sexo se distribuyeron 25 hombres (60%) y 17 mujeres (40%), relación hombre mujer 1.4. (H:M 1.4), con un rango de edades de 20 a 90 años con una media de 65, en la distribución por grupos el más numeroso fue el de 70-79 años con 13 pacientes (30%).(Tabla 1)

<i>DISTRIBUCIÓN POR EDADES</i>								
<i>SEXO</i>	<i>18-29</i>	<i>30-39</i>	<i>40-49</i>	<i>50-59</i>	<i>60-69</i>	<i>70-79</i>	<i>80+</i>	<i>TOTAL (%)</i>
MASCULINO	3	2	3	1	2	9	5	25 (60%)
FEMENINO		2	3	2	3	4	3	17 (40%)
TOTAL (%)	3 (7%)	4 (10%)	6 (14%)	3 (7%)	5 (12%)	13 (30%)	8 (20%)	42 (100%)

Tabla 1. Distribución por sexo y edad.

Todos con toma de escala de APACHE II al ingreso a la Unidad de Cuidados Intensivos, con resultados de 14 el mínimo 36 puntos el máximo, con media de 28 y promedio de 26. (Tabla 2)

<i>APACHE II</i>						
<i>SEXO</i>	<i>10-15</i>	<i>16-20</i>	<i>21-25</i>	<i>26-30</i>	<i>31-35</i>	<i>36+</i>
MASCULINO			4	7	9	5
FEMENINO	1	1	3	7	2	3
TOTAL (%)	1 (2%)	1 (2%)	7 (16%)	14 (34%)	11 (26%)	8 (20%)

Tabla 2. Resultados por sexo de escala APACHE II de ingreso.

Las mediciones tonométricas fueron las siguientes: pHi , $PgCO_2$, $P(a-g)CO_2$, $P(g-et)CO_2$, donde se observa que la mayoría de los pacientes admitidos a la Unidad de Cuidados Intensivos presentaron un pHi menor de 7.32, lo que implica un aumento de la acidez de la cámara gástrica. (Tabla 3)

SEXO	<i>pHi</i>	
	< 7.32	>7.32
MASCULINO	24	1
FEMENINO	15	2
TOTAL (%)	39 (93%)	3 (7%)

Tabla 3. Resultados de pHi por sexo.

La presión de la mucosa gástrica de bióxido de carbono, que como ya se estableció en párrafos anteriores, inicia su elevación cuando un 30% del flujo sanguíneo ha sido desviado del lecho esplácnico hacia otros órganos con el aumento del metabolismo anaerobio con retención de CO_2 , también es importante señalar que en las series revisadas a éste respecto se estableció que un valor mayor de 8 kPa, indica la necesidad de intervención terapéutica en el paciente y que valores intermedios entre 6.5 y 8 kPa, necesitan de mayor vigilancia para establecer si la tendencia es a la mejoría o deterioro. En este trabajo el 48% de los pacientes ($n=20$) presentaron a su ingreso valores por arriba de 8 kPa, 42% ($n=18$), presentaron valores entre 6.5 y 8 kPa, y el resto 10% ($n=4$) tuvieron valores menores a 6.5 kPa. (Tabla 4)

SEXO	<i>PgCO2</i>		
	8 kPa	6.5 – 8 kPa	6.5 kPa
MASCULINO	15	8	2
FEMENINO	5	10	2
TOTAL (%)	20 (48%)	18 (42%)	4 (10%)

Tabla 4. Resultados de la medición de la presión de CO_2 de la mucosa gástrica.

El gradiente de presión de CO_2 gástrico y arterial también mostró alteración en la mayoría de las mediciones al ingreso, notando que 26 pacientes, 62%,

mostraron valores de 2.5 kPa o mayores lo cual traduce mayor concentración de CO₂ a nivel de la mucosa gástrica en comparación con la presión de éste gas en sangre, que a su vez denota un menor flujo sanguíneo a éste nivel con la consecuente disminución de la perfusión. (Tabla 5)

SEXO	<i>P(g-a)CO₂</i>		
	2.5 kPa	1.5 - 2.5 kPa	1.5 kPa
MASCULINO	18	7	
FEMENINO	8	7	2
TOTAL (%)	26 (62%)	14 (33%)	2 (5%)

Tabla 5. Distribución por sexo del gradiente de presiones gástrico y arterial de CO₂.

El gradiente de presiones de CO₂ de la mucosa gástrica y del volumen corriente final, es el valor que toma por capnografía la presión del CO₂, estableciendo la diferencia con la medición de la presión de éste gas a nivel de la mucosa gástrica, tomando como valor normal 3 kPa, valores mayores a éste se han relacionado a mal pronóstico, en este estudio se obtuvieron valores mayores de 3.5 kPa en 62% de los pacientes (n=26), valores de 2 a 3.5 kPa en el 31% (n=13) y menos de 2 kPa en el 7% (n=3). (Tabla 6)

SEXO	<i>P(g-et)CO₂</i>		
	3.5 kPa	2.0 - 3.5 kPa	2 kPa
MASCULINO	18	6	1
FEMENINO	8	7	2
TOTAL (%)	26 (62%)	13 (31%)	3 (7%)

Tabla 6. Resultados de la medición del gradiente de presiones de CO₂ de la mucosa gástrica y del volumen corriente final.

Dentro de las variables a correlacionar en este trabajo como resultado final de la atención en la Unidad de Cuidados Intensivos se tomó el motivo del egreso, siendo éste mejoría o por defunción. Se contabilizaron un total de 26 pacientes (26%) egresados por mejoría, de los cuales 13 fueron hombres (31%) y 13 mujeres (31%), por grupos de edad los más numerosos fueron el de 40 a 49 años y el de 70 a 79 años, ambos con 6 pacientes (14%). (Tabla 7)

ALTA POR MEJORIA								
SEXO	18-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80+	TOTAL (%)
MASCULINO	3	1	3		1	3	2	13 (31%)
FEMENINO		2	3	2	2	3	1	13 (31%)
TOTAL (%)	3 (7%)	3 (7%)	6 (14%)	2 (6%)	3 (7%)	6 (14%)	3 (7%)	26 (62%)

Tabla 7. Egresos por mejoría, distribución por sexo y edad.

En cuanto a las defunciones, se obtuvieron los siguientes resultados de los 42 pacientes incluidos en este trabajo, 16 fallecieron (38%), con una diferencia en cuanto a sexo de 12 hombres (28%) y 4 mujeres (10%), el grupo etario con más decesos fue el de 70 a 79 años con 7 pacientes (16%) 6 hombres y 1 mujer.

DEFUNCIONES								
SEXO	18-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80+	TOTAL (%)
MASCULINO		1		1	1	6	3	12 (28%)
FEMENINO					1	1	2	4 (10%)
TOTAL (%)		1 (2%)		1 (2%)	2 (6%)	7 (16%)	5 (12%)	16 (38%)

Tabla 8. Defunciones por sexo y edad.

XI. DISCUSIÓN.

Los resultados anteriores denotan en un principio que la mayoría de los pacientes admitidos en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Central Norte cuentan con edades mayores a los 65 años, lo cual nos hace tener en cuenta la presencia de estados comorbidos por descontrol de patologías crónicas degenerativas, que aunado a la agresión de una intervención quirúrgica de urgencia o electiva complicada asociada a inestabilidad hemodinámica, dan como consecuencia valores elevados de la escala de APACHE II, que se correlacionaron de manera adecuada a los valores de pHi , $PgCO_2$, $P(g-a)CO_2$ y $P(g-et)CO_2$, y que además se asocian al resultado final de la atención, definido como egreso por mejoría o defunción.

Definitivamente para la población derechohabiente del Hospital Central Norte, el número de casos no es una muestra significativa, por tanto solo se exponen los resultados a manera de porcentajes de la experiencia en el uso de la tonometría gástrica de fase aérea en los pacientes que han sido sometidos a intervenciones quirúrgicas de abdomen, dando pie a futuros protocolos de investigación que puedan sustentar de manera firme el beneficio de la utilización de ésta modalidad de monitorización.

XII. CONCLUSIONES.

El intestino es sensible a la isquemia; períodos de hipoperfusión pueden causar la liberación de citoquinas inflamatorias y la traslocación bacteriana, causando así daño en órganos remotos.

Existe una multitud de parámetros globales para evaluar la condición de oxigenación de los tejidos del paciente. A pesar de su amplia pero selectiva adopción, todavía hay una gran incidencia de problemas de oxigenación en la unidad de terapia intensiva y pocas mejoras en las cifras de mortalidad y morbilidad.

Un transporte o suministro global "adecuado" de oxígeno no garantiza que éste sea liberado de manera adecuada en los lechos vasculares. Un consumo global de oxígeno "adecuado" no garantiza que se esté satisfaciendo la demanda en todos los lechos capilares, o que la actividad celular anaeróbica se haya minimizado. Cualquier problema de hipoperfusión regional puede pasar desapercibido si solo se monitorean los parámetros globales. Los "mensajes regionales se diluyen en la sangre que fluye desde otros órganos y tejidos, por lo tanto una herramienta de monitoreo regional sería una adición valiosa para la colección de parámetros globales. Ahora ¿Porqué deben monitorearse los intestinos?, los intestinos son uno de los primeros órganos afectados por la redistribución durante el estado de choque, el pH intramucoso proporciona una evaluación metabólica en un órgano final que está utilizando oxígeno (el monitoreo se efectúa al final de la línea no al comienzo). La mucosa intestinal no tiene un mecanismo de compensación para tolerar las reducciones en el suministro de oxígeno, por lo que es extremadamente sensible a la oxigenación inadecuada de los tejidos causada por cambios circulatorios citotóxicos del sistema. Por ende, la mucosa intestinal proporciona un punto de monitoreo ideal (además de su facilidad de acceso). Los cambios significativos en la región pueden ocurrir de horas a días antes de que se puedan detectar cambios en otros parámetros globales convencionales. ¿Cuáles son los retos más grandes en la atención del paciente críticamente enfermo?, Evitar o reducir la incidencia de la falla orgánica múltiple, y mejorar la supervivencia del paciente.

XIII. CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO.

Es el documento que señala en forma clara y fácilmente entendible que deberá presentarse a todos los sujetos que se pretende investigar, señalando los riesgos y beneficios que obtendrán con el estudio.

En éste estudio ya se cuenta con un formato de carta de consentimiento informado el cual se presenta a los familiares de los pacientes ya que éstos por lo común ingresan a la unidad de cuidados intensivos en un estado de gravedad que no les permite asentir o disentir en cuanto a la atención de que serán objeto, por tanto se explica de manera amplia por parte del servicio de Terapia Intensiva sobre los procedimientos a seguir, los resultados que se espera obtener y el estado del paciente al ingreso; el texto de dicha carta trata de comprender todos los procedimientos invasivos o no invasivos a que es sujeto un paciente en estado crítico que ingresa a la unidad, así como la enumeración de posibles complicaciones.

Se enmarca el compromiso de la información diaria y a satisfacción del familiar responsable sobre el manejo a seguir y se firma la mayoría de las veces por poder, así como dos testigos además del médico encargado en turno de la unidad.

A continuación se muestra la forma CI-FO-001, carta de consentimiento informado de la unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Central Norte de Petróleos Mexicanos:



CONSENTIMIENTO INFORMADO MEDICINA CRÍTICA Y TERAPIA INTENSIVA

Nombre del paciente: _____ de _____ años de edad y Número de Ficha _____
Nombre del representante legal, familiar o allegado: _____
_____ de _____ años de edad.
Con domicilio en: _____ y N° de Ficha: _____

DECLARO EN CALIDAD DE PACIENTE

1. Contar con la información suficiente sobre los riesgos y beneficios procedimiento que conlleva mi tratamiento.
2. Que todo acto médico implica una serie de riesgos debido a mi estado físico actual, mis antecedentes, tratamiento previos y a los procedimientos de diagnóstico y tratamiento o una combinación de estos factores.
3. Que existe la posibilidad de complicaciones desde leves hasta severas, pudiendo causar secuelas permanentes e incluso el fallecimiento.
4. Que puedo requerir de tratamientos complementarios que aumenten mi estancia hospitalaria con la participación de otros servicios o unidades medicas.
5. Que existe la posibilidad que mi operación se retrase e incluso se suspenda por causas propias a la dinámica del quirófano o causas de fuerza mayor.
6. Se me ha informado que el personal médico de este servicio cuenta con amplia experiencia para mi cuidado o manejo y aun así no me exige de presentar complicaciones.
7. Asimismo, me han dado a conocer que la Ley General de Salud en su artículo 332 prohíbe desde 1987 la comercialización con sangre, siendo su única forma de obtención la proveniente de donadores altruistas, por lo que de acuerdo a la cirugía o al uso de hemocomponentes en mi hospitalización el personal médico o del Banco de Sangre me indicarán los donadores que deberán presentarse en el Banco de Sangre. Toda vez que la función del Banco será la de brindar el servicio y los elementos necesarios para tener hemocomponentes de alta calidad y seguridad y en responsabilidad compartida con el derechohabiente se tendrá la disponibilidad de estos.
8. He comprendido las explicaciones que se me han facilitado en un lenguaje claro y sencillo, y el médico que me ha atendido me ha permitido realizar todas las observaciones y me ha aclarado todas las dudas que le he planteado.
9. También comprendo que, en cualquier momento y sin necesidad de dar ninguna explicación, puedo revocar el consentimiento que ahora presto.

Por ello, manifiesto que estoy satisfecho con la información recibida y que comprendo el alcance y los riesgos del tratamiento.

Del mismo modo designo a: _____
para que exclusivamente reciba información sobre mi estado de salud, diagnóstico, tratamiento y/o pronóstico

Y en tales condiciones

CONSIENTO

En que se me realice: **ATENCIÓN Y MANEJO MEDICO EN LA UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA, CON MONITOREO AVANZADO ASI COMO LOS PROCEDIMIENTOS PROPIOS DE LA ESPECIALIDAD INVASIVOS Y NO INVASIVOS NECESARIOS E INDISPENSABLES PARA ESTABLECER UN DIAGNOSTICO Y BRINDAR UN TRATAMIENTO OPORTUNO ACORDES AL AVANCE DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA.**

Que conlleva como beneficio: LA DETECCIÓN, DIAGNOSTICO Y ESTABILIZACIÓN MEDIANTE TRATAMIENTO MEDICO, DEL PADECIMIENTO QUE CONDICIONO MI ESTADO DE ENFERMEDAD AGUDA GRAVE, ASI MISMO Y DESPUÉS DE UNA AMPLIA EXPLICACIÓN DETALLADA A MI ENTERA SATISFACCIÓN CUENTO CON TODA LA INFORMACIÓN DEL CASO Y ESTOY CONCIENTE DE QUE LA EVOLUCIÓN DE MI ENFERMEDAD QUEDA CONDICIONADA A LA RESPUESTA DE MI ORGANISMO ANTE LA ENFERMEDAD QUE PADEZCO.

Y como riesgo: La aparición de complicaciones propias de las técnicas invasivas o no invasivas necesarias para el suministro de medicamentos o fármacos, toma de muestras de laboratorio, aparatos de monitoreo continuo y medidas de soporte vital avanzado, que pueda necesitar para el tratamiento de la enfermedad que padezco, relacionadas a mi idiosincrasia (ejemplo: colocación de sondas, catéteres, aparatos electrónicos de monitoreo cardiológico, respiratorio, etc., toma de productos sanguíneos, toma de líquidos biológicos para estudios clínicos y bacterioclínicos etc. intubación orotraqueal, y soporte ventilatorio mecánico. etc.

Por ello, manifiesto que estoy satisfecho con la información recibida y que comprendo el alcance y los riesgos del tratamiento.

En pleno uso de mis facultades, autorizo el tratamiento y/o procedimiento bajo los riesgos y beneficios previamente enunciados.

Me reservo expresamente el derecho a revocar mi consentimiento en cualquier momento antes de que el procedimiento objeto de este documento sea una realidad.

En México, D.F., a los _____ días del mes de _____ de 20__.

NOMBRE Y FIRMA DEL MEDICO TRATANTE

NOMBRE Y FIRMA DEL PACIENTE

NOMBRE Y FIRMA TESTIGO

NOMBRE Y FIRMA TESTIGO

XIV. RECURSOS Y LOGÍSTICA.

Para efecto de éste trabajo se utilizó el siguiente material:

Equipo de cómputo (*Hardware*)

- Computadora de escritorio Hewlet-Packard™ 1702 ubicado en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Central Norte de Petróleos Mexicanos.
- Computadora Dell™ de escritorio ubicado en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Central Norte.
- Monitores Datex-Ohmeda™ Tonocap S/5™ (Helsinki, Finlandia), ubicados igualmente en la unidad de cuidados intensivos del Hospital central norte y en línea con los equipos ya mencionados.
- Computadora portátil Toshiba™ *Satellite* A10-1477 para elaboración de los documentos propiedad del autor.
- Tarjetas de almacenamiento masivo de memoria USB, propiedad del autor, para intercambio del material escrito e información obtenida de un equipo de cómputo a otro.
- Discos CD-RW propiedad del autor, para almacenamiento de la bibliografía y citas.
- Computadora de Mano Palm Tungsten T3. propiedad del autor para anotaciones, agregados y vaciado de datos de manera portátil.

Equipo de cómputo (*Software*)

- Datex-Ohmeda S/5™ Collect. Una aplicación diseñada de 32 bits para la recolección de mediciones de varios productos Datex-Ohmeda™ para su análisis en programas de PC como Microsoft Excel.
- Procesador de textos Microsoft word.
- Hoja de Cálculo Excel.
- Compatibles con Palm: Dataviz word to go y sheet to go.
- Sistema operativo Microsoft Windows XP professional SP2 o compatible.

Locación.

- Hospital Central Norte de Petróleos Mexicanos.
- Unidad de Cuidados Intensivos.
- Quirófanos.

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Fine J, Frank ED, Ravin HA: The bacterial factor in traumatic shock. *N Engl J Med* 1959, 260: 214-220.
2. Schweinburg F, Fine J: Evidence for a lethal endotoxaemia as the fundamental feature of irreversibility in three types of traumatic shock. *J Exp Med* 1960, 112: 793-800.
3. Pastores SM, Katz DP, Kvetan V: Splanchnic ischemia and gut mucosal injury in sepsis and the multiple organ dysfunction syndrome. *Am J Gastroenterol* 1996; 91: 1697-1710.
4. Ackland G, Grocott MPW, Mythen MG: Understanding gastrointestinal perfusion in critical care: so near, and yet so far. *Crit Care* 2000, 4: 269-281.
5. Gutiérrez G, Palizas F, Doglio G, et al; Gastric intramucosal pH as a therapeutic index of tissue Oxygenation in critically ill patients. *Lancet* 1992; 339:195-199.
6. Miller PR, Kincaid EH, Meredith JW, Chang MC. Threshold values of intramucosal pH and mucosal-arterial CO₂ gap during shock resuscitation. *JTrauma* 1998; 45:868-872
7. Levy B, Gawalkiewics P, Vallet B, Briancon S, Nace L, Bollaert PE. Gastric capnometry with air-automated tonometry predicts outcome in critically ill patients. *Crit Care Med.* 2003; 31:474-80
8. Lebuffe G, Decoene C, Pol A, Prat A, Vallet B. Regional capnometry with air-automated tonometry detects circulatory failure earlier than conventional hemodynamics after cardiac surgery. *Anesth Analg* 1999;89:
9. Stephen O.Heard. Gastric Tonometry. The Hemodynamic Monitor of Choice (Pro). *Chest* 123: 5: 469-474S: May 2003.
- 10.Noone RB, Bolden JE, Mythen MG, Vaslef SN, Comparison of the response of saline tonometry and an automated gas tonometry device to a change in CO₂. *Crit Care Med* 2000 Vol. 28, No. 11.
- 11.Creteur J, De Backer D, Vincent JL. Does gastric tonometry monitor splanchnic perfusion? *Crit Care Med*; 27: 2480-2484: 1999.
- 12.Takala J. Meriläinen P. Handbook of indirect calorimetry and gas exchange. P 30, Datex-Ohmeda 876710-01.

13. Datex-Ohmeda S/5Collect User's Reference Manual Document No. 8005016 March, 2003 Datex-Ohmeda Division, Instrumentarium Corporation P.O. Box 900 FIN-00031 Datex-Ohmeda.
14. Datex-Ohmeda S/5 Clinical/Window. Technical Briefs. Technology description of Gastric Tonometry No. 0900, 2000 Datex-Ohmeda Division, Instrumentarium Corporation P.O. Box 900 FIN-00031 Datex-Ohmeda.
15. Noone RB, Mythen MG, Vaslef SN. In vitro validation of an automated on-line gastrointestinal tonometer (the Tonocap). *Crit Care Med* 1997; 25(1S):A137.
16. Venkatesh B, Morgan J, Jones RD, Clague A. Validation of air as an equilibration medium in gastric tonometry: an in vitro evaluation of two techniques for measuring air PCO₂. *Anaesthesia & Intensive Care* 1998; 26(1): 46-50.
17. Heinonen PO, Jousela IT, Blomqvist KA, Olkkola KT, Takkunen OS. Validation of air tonometric measurement of gastric regional concentrations of CO₂ in critically ill septic patients. *Intensive Care Med* 1997; 23(5): 524-9.
18. Kolkman JJ, Zwaarekant LJ, Boshuizen K, Groeneveld AB, Meuwissen SG. In vitro evaluation of intragastric PCO₂ measurement by air tonometry. *J Clin Monit* 1997; 13(2): 115-9.
19. Barry B, Mallick A, Hartley G, Bodenham A, Vucevic M. Comparison of air tonometry with gastric tonometry using saline and other equilibrating fluids: an in vivo and in vitro study. *Intensive Care Med* 1998; 24(8): 777-84.
20. Janssens U, Graf J, Koch KC, Hanrath P. Gastric tonometry: in vivo comparison of saline and air tonometry in patients with cardiogenic shock. *Br J Anaesth* 1998; 81 (5): 676-80.
21. Creteur J, De Backer D, Vincent JL. Monitoring gastric mucosal carbon dioxide pressure using gas tonometry: in vitro and in vivo validation studies. *Anesthesiology* 1997; 87(3):504-10.
22. Doglio GR, Pusajo JF, Egurrola MA, Botingli GC, Parra C, Vetere L, et al. Gastric mucosal pH as a prognostic index of mortality in critically ill patients. *Crit Care Med* 1991; 19: 1037-1041.
23. Mythen MG Webb AR. Perioperative plasma volume expansion reduces the incidence of gut mucosal hypoperfusion during cardiac surgery. *Arch Surg* 1995; 130: 423-429.

24. Pargger H, Hampf KF, Christen P, Staender S, Scheidegger D. Gastric intramucosal pH-guided therapy in patients after elective repair of infrarenal abdominal aneurysms: is it beneficial? *Intensive Care Medicine* 1998; 24(8): 769-76.
25. Mythen MG, Webb AR. Intra-operative gut mucosal hypoperfusion is associated with increased postoperative complications and cost. *Intensive Care Medicine* 1994; 20(2): 99-104.
26. Benjamin E, Polokoff E, Oropello JM, Leibowitz AB, Iberti TJ. Sodium bicarbonate administration affects the diagnostic accuracy of gastrointestinal tonometry in acute mesenteric ischemia. *Crit Care Med* 1992; 20(8): 1181-3.
27. Bacher A, Mayer N, Rajek AM, Haider W. Acute normovolaemic haemodilution does not aggravate gastric mucosal acidosis during cardiac surgery. *Intensive Care Med* 1998; 24(4): 313-21.
28. Schlichtig R, Mehta N, Gayowski TJ. Tissue-arterial PCO₂ difference is a better marker of ischaemia than intramural pH (pHi) or arterial pH – pHi difference. *J Crit Care* 1996; 11:51-56.
29. Nevriere R, Mathieu D, Chagnon JL, Lebleu N, Wattel F. The contrasting effects of dobutamine and dopamine on mucosal perfusion in septic patients. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 154: 1684-1688.
30. Kolkman JJ, Steverink PJ, Groeneveld AB, Meuwissen SG. Characteristics of time dependent – PCO₂ tonometry in the normal human stomach. *Br J Anaesth* 1998; 81(5): 669-75.
31. Schlichtig R, Bowles SA. Distinguishing between aerobic and anaerobic appearance of dissolved CO₂ in intestine during low flow. *J Appl Physiol* 1994; 76: 2443-2451.
32. Bernardin G, Lucas P, Hyvernat H, Deloffre P, Mattei M. Influence of alveolar ventilation changes on calculated gastric intramucosal pH and gastric – arterial PCO₂ difference. *Intensive Care Med* 1999; 25(3): 269-73.
33. Hamilton-Davies C, Mythen MG, Salmon JB, Jacobson D, Shukla A, Webb AR. Comparison of commonly used clinical indicators of hypovolaemia with gastrointestinal tonometry. *Intensive Care Med* 1997; 23(3):276-81.
34. Findlay GPK, Smithies MN. The measurement of gastrointestinal intramucosal carbon dioxide tension by semi- continuous air tonometry. *Clin Int Care* 1997; 8: 267-272.

35. Kolkman JJ, Otte JA, Groeneveld AB. Gastrointestinal luminal PCO₂ tonometry: an update on physiology, methodology and clinical applications. *Br J Anaesth* 2000; 84(1): 74-86.
36. Maynard N, Bihari D, Beale R, Smithies M, Baldock G, Mason R, et al. Assessment of splanchnic oxygenation by gastric tonometry in patients with acute circulatory failure. *JAMA* 1993; 270(10): 1203-10.
37. Ivatury RR, Simon RJ, Islam S, Fueg A, Rohman M, Stahl WM. A prospective randomized study of end points of resuscitation after major trauma: Global oxygen transport indices versus organ-specific gastric mucosal pH. *J Am Coll Surg* 1996; 183(2): 145-54.
38. Mohsenifar Z, Hay A, Hay J, Lewis MI, Koerner SK. Gastric intramural pH as a predictor of success or failure in weaning patients from mechanical ventilation. *Annals of Internal Medicine* 1993; 119(8): 794-8.
39. Bouachour G, Guiraud MP, Gouello JP, Roy PM, Alquier P. Gastric intramucosal pH: An indicator of weaning outcome from mechanical ventilation in COPD patients. *Eur Respir J* 1996; 9(9): 1868-73.
40. Maldonado A, Bauer TT, Ferrer M, Hernandez C, Arancibia F, Rodriguez-Roisin R, et al. Capnometric recirculation gas tonometry and weaning from mechanical ventilation. *American Journal of Respiratory & Critical Care Medicine* 2000; 161(1):171-6.
41. Joly LM, Monchi M, Cariou A, Chiche JD, Bellenfant F, Brunet F, et al. Effects of dobutamine on gastric mucosal perfusion and hepatic metabolism in patients with septic shock. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 160(6): 1983-6.
42. Winter DC, O'Sullivan CG, Harvey BJ, Geibel JP. Direct effects of dopamine on colonic mucosal pH: implications for tonometry. *J Surg Res* 1999; 83(1): 62-8.
43. Bennet-Guerrero E, Panah MH, Bodian CA, Methikalam BJ, Alfarone JR, De Perio M, et al. Automated detection of gastric luminal partial pressure of carbon dioxide during cardiovascular surgery using the Tonocap. *Anesthesiology* 2000; 92(1): 38-45.
44. Ronholm E, Runeborg J, Karlsen KL, Tomasdottir H, Aneman A, Bengtsson A. Perioperative gastric tonometric PCO₂ and intramucosal pH in patients undergoing liver transplantation. *Acta Anaesthesiol Scand* 1999; 43(7): 695-701.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

45. Byers RJ, Eddleston JM, Pearson RC, Bigley G, McMahon RF. Dopexamine reduces the incidence of acute inflammation in the gut mucosa after abdominal surgery in high-risk patients. *Critical Care Medicine* 1999; 27(9): 1787-93.
46. Juvonen PO, Alhava EM, Takala JA. Gastric tonometry in assessing splanchnic tissue perfusion in acute pancreatitis. *Scand J Gastroenterol* 2000; 35(3): 318-21.
47. Kirton OC, Windsor J, Wedderburn R, Hudson-Civetta J, Shatz DV, Mataragas NR, et al. Failure of splanchnic resuscitation in the acutely injured trauma patient correlates with multiple organ system failure and length of stay in the ICU. *Chest* 1998; 113(4):1064-9.

ANEXO 1

LISTADO DE ABREVIATURAS.

SRIS	Síndrome de respuesta inflamatoria sistémica.
CO ₂	Bióxido de carbono.
PgCO ₂	Presión intramucosa de bióxido de carbono.
VO ₂	Consumo de oxígeno.
DO ₂	Aporte de oxígeno.
pHi	pH de la mucosa gástrica.
PaCO ₂	Presión arterial de CO ₂ .
CO ₂ gap	Brecha de CO ₂ .
DOM	Disfunción Orgánica Múltiple.
P(g-a)CO ₂	Diferencia de CO ₂ mucosa-arterial.
PetCO ₂	Presión de CO ₂ en volumen corriente final.
P(g-et)CO ₂	Gradiente de presión de CO ₂ gástrica y volumen corriente final.