

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD
LICENCIATURA EN ANESTESIOLOGÍA E INHALOTERAPIA



EVALUACIÓN DEL USO DE LA CAPNOMETRÍA VOLUMÉTRICA ETCO₂ AL FINAL DE LA ESPIRACIÓN EN EL TRANSOPERATORIO EN PACIENTES ASA I Y II INTERVENIDOS QUIRÚRGICAMENTE POR COLECISTECTOMÍA VIDEOLAPAROSCÓPICA ENTRE LAS EDADES DE 30 A 60 AÑOS EN EL HOSPITAL NACIONAL SAN RAFAEL EN EL PERÍODO COMPRENDIDO DE JUNIO A JULIO DEL AÑO 2025.

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADO EN ANESTESIOLOGÍA E INHALOTERAPIA

PRESENTADO POR:

EVER ALEXANDER LEIVA ESPINOZA

WALTER ALFREDO RIVERA GARCIA

ASESOR:

LICDA. GRACIA MARÍA RIVAS MÉNDEZ.

CIUDAD UNIVERSITARIA, "DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA", AGOSTO 2025.

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

Msc. Juan Rosa Quintanilla

VICERECTORA ACADÉMICA

Dra. Evelyn Beatriz Farfán Mata

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

Msc. Roger Armando Arias Alvarado

SECRETARIO GENERAL

Lic. Pedro Rosalio Escobar Castaneda

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE MEDICINA

DECANO

Dr. Saul Díaz Peña

VICEDECANO

Lic. Franklin Arnulfo Méndez Duran

SECRETARIO GENERAL

Msc. Roberto Hernández

DIRECTORA DE LA ESCUELA DE LAS CIENCIAS DE LA SALUD

Msc. Mónica Ventura

DIRECTOR DE LA CARRERA DE ANESTESIOLOGÍA E INHALOTERAPIA

Msc. Luis Alberto Guillen Garcia

AGRADECIMIENTOS

Con profundo cariño y gratitud, deseo dedicar estas palabras a mis padres, Teresa Espinoza De Leiva y Rigoberto Leiva Rodríguez, quienes han sido el pilar fundamental en cada etapa de mi vida. Gracias por su amor incondicional, su guía constante y su firme confianza en mis capacidades. Su ejemplo de perseverancia y dedicación ha sido mi mayor inspiración para alcanzar esta meta.

A mis hermanos, Gabriela Alexandra Leiva Espinoza, Emerson Vladimir Leiva Espinoza y Alisson Jennifer Leiva Espinoza, les expreso mi más sincero agradecimiento. Su apoyo inquebrantable, palabras de aliento y compañía durante los momentos más desafiantes hicieron que este camino académico fuese más llevadero. Sin su ayuda, este logro no tendría el mismo significado ni la misma alegría.

Les agradezco por su apoyo y su ayuda a mis amigos, que también me acompañaron en esto, Wilfredo Huevo y Saúl González, gracias por creer en mí.

Gracias Angélica Alejandra Leiva Salinas, por decirme que debo trabajar duro y por tu apoyo en momentos difíciles. Estoy en deuda contigo.

También extendiendo mi gratitud a mi asesora de tesis, la Licenciada Gracia María Rivas, por su orientación, paciencia y compromiso. Su acompañamiento fue clave para el desarrollo de este trabajo, y su confianza en mi proceso fue un estímulo invaluable.

Este no es solo un logro personal, sino también un reflejo del esfuerzo, amor y apoyo de cada uno de ustedes. Este triunfo les pertenece tanto como a mí.

Ever Alexander Leiva Espinoza.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de estudiar una hermosa carrera, por brindarme la sabiduría y fortaleza en cada paso del camino, y por nunca soltar mi mano en los momentos de dificultad. Agradezco profundamente a las personas que han formado parte de mi formación académica, se convirtieron en parte importante de esta etapa, porque cada experiencia contribuyó a mi crecimiento personal y profesional.

De manera especial, a mi abuela María Virginia, quien falleció cuando apenas comenzaba la Universidad, le dedico este logro con inmenso amor. Sé que desde el cielo se siente orgullosa de todo lo que su nieto está logrando. Su recuerdo me acompaña en cada victoria y su amor sigue siendo una fuente inagotable de motivación. Aunque no esté físicamente, su presencia ha sido constante en mi corazón y en mi deseo de superarme.

A mi madre, Maura Garcia, quien me enseñó que, a pesar de las dificultades, con esfuerzo, fe y dedicación todo es posible. A mi padre Alfredo Rivera, que siempre estuvo ahí para apoyarme incondicionalmente, le agradezco por su paciencia, su comprensión y por ser un pilar firme en los momentos más desafiantes.

Agradezco profundamente a Xiomara Flores, gracias por tu apoyo constante, por estar presente en los días buenos y en los difíciles, por cada palabra de aliento y por creer en mí. Gracias por darme ánimos de luchar siempre por mis sueños y por recordarme que no estoy solo en este camino, tu compañía ha sido una luz que me ha dado calma.

Dedico también este logro a Caridad, José Ángel y Ana Gloria, por ser parte importante de este proceso. Su cariño, consejos y apoyo me han acompañado en cada etapa y han sido parte fundamental de mis logros. Asimismo, agradezco sinceramente a la Unidad de Estudios Socioeconómicos por su respaldo a través del programa de beca remunerada, su apoyo no solo alivió una carga económica, sino que también me permitió enfocarme con mayor dedicación en mis estudios. Siempre agradeceré a Dios, haberlos puesto en mi vida, gracias por caminar conmigo hasta aquí.

Walter Alfredo Rivera Garcia.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO I.....	10
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA	3
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4 JUSTIFICACIÓN	5
CAPÍTULO II	1
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 COLECISTECTOMÍA POR VIDEOLAPAROSCOPIA.....	6
2.1.1 ANATOMÍA	6
2.1.2 PROCEDIMIENTO DE LA COLECISTECTOMÍA LAPAROSCÓPICA....	9
2.1.3 USO DE CO2 EN VIDEOLAPAROSCOPIA.....	11
2.1.4 PROBLEMAS VENTILATORIOS	12
2.2 MONITORIZACIÓN DE LA OXIGENACIÓN	14
2.2.1 CAPNOGRAFÍA VOLUMETRICA	14
2.2.2 PRODUCCIÓN DE CO2.....	14
2.2.3 TRANSPORTE DE CO2	15
2.2.4 ELIMINACIÓN DE CO2	15
2.2.5 MONITOR METABÓLICO.....	15
2.2.6 MONITOR DE VENTILACIÓN E INTERCAMBIO GASEOSO.....	15
2.2.7 MONITOR DE LA PERFUSIÓN PULMONAR Y GASTO CARDÍACO ...	15
2.2.8 ESPACIO MUERTO Y VENTILACIÓN ALVEOLAR	16
2.3 CAPNOMETRÍA	16

2.3.1 CAPNOGRAFÍA DE TIEMPO	18
2.4 CAGNOGRAFIA	18
2.5 CAPNOGRAMA NORMAL	19
2.5.1 FASES DEL CAPNOGRAMA RESULTANTE	19
2.6 PCO2 AL FINAL DE LA ESPIRACIÓN	20
2.7 APLICACIONES CLINICAS	20
2.8 UTILIDAD DE LA CAPNOGRAFÍA VOLUMÉTRICA EN LA VENTILACIÓN MECÁNICA	21
2.8.1 TITULACIÓN DE PEEP.....	21
2.8.2 INCREMENTO DE LA PAUSA INSPIRATORIA	21
2.8.3 DECÚBITO PRONO	21
2.9 VENTILACIÓN MECÁNICA PROTECTORA	22
2.9.1 PRINCIPIOS FISIOLÓGICOS.....	22
2.9.2 ALTERACIONES EN LA VASOCONSTRICCIÓN PULMONAR HIPÓXICA (VPH).....	22
2.9.3 VENTILACIÓN DE SOPORTE ADAPTATIVO (ASV)	23
2.9.4 PARÁMETROS DETERMINADOS POR LA ASV BASADO EN VENTILACIÓN PROTECTORA	24
2.9.5 PARÁMETROS PARA SELECCIÓN	25
CAPÍTULO III.....	6
3.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	26
CAPÍTULO IV	28
4. DISEÑO METODOLÓGICO.....	28
4.1 TIPO DE ESTUDIO	28
4.1.1 DESCRIPTIVO	28
4.1.2 TRANSVERSAL	28
4.2 POBLACIÓN, MUESTRA Y TIPO DE MUESTRA	28
4.2.1 POBLACIÓN.....	28

4.2.2 MUESTRA.....	28
4.2.3 TIPO DE MUESTREO	29
4.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	29
4.3.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN	29
4.3.2 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	29
4.4 MÉTODO, TÉCNICA E INSTRUMENTOS.....	29
4.4.1 MÉTODO	29
4.4.2 TÉCNICA E INSTRUMENTACIÓN.....	30
4.5 PROCEDIMIENTO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	31
4.6 RECOLECCIÓN DE DATOS	31
4.7 PROCESAMIENTO DE DATOS.....	32
CAPÍTULO V.....	33
5.0 ANALISIS DE DATOS.....	33-50
CAPÍTULO VI.....	51
6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
6.1 CONCLUSIONES.....	52
6.2 RECOMENDACIONES.....	53
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	54
ANEXOS.....	56
ANEXO 1: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	56
ANEXO 2: ANATOMÍA DE LA VESÍCULA BILIAR	59
ANEXO 3: COLECISTECTOMÍA POR VIDEOLAPAROSCOPIA	59

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar la eficacia de la capnometría volumétrica ETCO₂ al final de la espiración durante el transoperatorio en pacientes ASA I intervenidos quirúrgicamente por colecistectomía videolaparoscópica en el Hospital Nacional San Rafael. El estudio surgió de la necesidad de investigar el uso del capnógrafo en este tipo de cirugías, su utilidad y ayuda para anticipar o prevenir elevaciones del nivel de CO₂ y sus efectos fisiológicos.

El estudio fue de tipo descriptivo y retrospectivo. La muestra incluyó a 30 pacientes entre 30 y 60 años, quienes fueron sometidos a colecistectomía videolaparoscópica. Para medir el nivel de CO₂, se utilizó el capnógrafo en las salas de operaciones que tenían uno disponible.

Tomando en cuenta que los pacientes estudiados eran relativamente sanos, no se tuvo una primera medición del CO₂ elevado en ninguno de ellos. Sin embargo, conforme la cirugía avanzaba, la elevación de CO₂ fue visible a los 20 minutos de iniciada la cirugía en pacientes que fueron monitorizados con capnógrafo. Las medidas necesarias fueron tomadas y en ningún paciente se obtuvo el valor máximo del rango normal de este gas exhalado.

Debido a la falta del capnógrafo en algunas salas de operaciones, no se logró medir con exactitud ese valor de CO₂ exhalado en nueve pacientes. Es por eso que se determinó la importancia de este equipo, para conocer la cantidad de gas que el está circulando en el torrente sanguíneo y tomar las medidas necesarias para evitar complicaciones.

Nuestra principal recomendación es incorporar esta herramienta en todas las salas de operaciones, o al menos en las que están asignadas para este tipo de cirugías.

Palabras Clave: Cirugía laparoscópica, Colecistectomía, CO₂, capnometría, capnografía.

INTRODUCCIÓN

La seguridad en el manejo anestésico es un pilar fundamental en el ámbito quirúrgico, especialmente en procedimientos como la colecistectomía videolaparoscópica. En estos procedimientos, la monitorización de la ventilación y el intercambio gaseoso es esencial para detectar de manera temprana cualquier alteración que pudiera comprometer la estabilidad del paciente. La capnometría volumétrica, que permite medir el dióxido de carbono al final de la espiración (ETCO₂), se ha posicionado como una herramienta valiosa para evaluar la función respiratoria en tiempo real durante el transoperatorio.

El ETCO₂ no solo proporciona información sobre la eficacia de la ventilación, sino que también sirve como un indicador indirecto del metabolismo celular y de la perfusión tisular. La medición precisa y continua de este parámetro puede facilitar la detección temprana de desviaciones en el intercambio gaseoso, permitiendo intervenciones oportunas y la optimización del manejo ventilatorio. Además, en pacientes clasificados como ASA I, quienes generalmente presentan condiciones clínicas estables, el monitoreo riguroso durante la anestesia puede contribuir a minimizar riesgos y complicaciones, mejorando los resultados postoperatorios.

En este contexto, el presente estudio se plantea evaluar la eficacia de la capnometría volumétrica ETCO₂ al final de la espiración durante el transoperatorio en pacientes sometidos a colecistectomía videolaparoscópica en el Hospital Nacional San Rafael, durante el periodo de junio a julio de 2025. Se busca determinar la utilidad de este método de monitoreo para identificar alteraciones en la ventilación, correlacionando sus valores con otros parámetros clínicos y ventilatorios, y estableciendo recomendaciones que contribuyan a mejorar la práctica anestésica en este tipo de intervenciones.

La siguiente investigación estará conformada por los siguientes apartados:

Capítulo I, el cual esta referido al Planteamiento del Problema, Enunciado del Problema y Objetivos de Investigación, tanto el general como los específicos y finalmente, la Justificación de la Investigación.

Capítulo II, conformado por el Marco Teórico, en donde se describen cada uno de los aspectos importantes de la investigación como lo es el procedimiento a utilizar en una colecistectomía videolaparoscópica, los usos de la misma, la monitorización de la oxigenación, el uso de la capnometría, el capnograma normal y la cagnografía; la utilidad que tiene la capnografía volumétrica en la ventilación mecánica y lo referido a la ventilación mecánica protectora.

Capitulo III, el cual esta referido a la Operacionalización de las Variables de la investigación, siendo la Variable Independiente la “Evaluación del uso de la capnometría volumétrica ETCO²” y la Variable Dependiente las “Condiciones transoperatorias del paciente”.

Capítulo IV, comprende todo lo relacionado al Diseño Metodológico, el tipo de estudio el cual es descriptivo y transversal, población y muestra, el tipo de muestreo a utilizar, los criterios de inclusión y exclusión; el tipo de metodología a utilizar, técnica e instrumento de recolección de datos y el procedimiento a realizar para la recolección, tabulación y análisis de datos.

Capítulo V, el cual se centra en la Presentación de los resultados obtenidos a partir de la recolección de datos, los cuales se describen a través de una tabla de resultados y a su vez se

detalla una gráfica para una mejor interpretación (datos cuantitativos) y un breve análisis a partir de los gráficos obtenidos (datos cualitativos).

Capítulo VI, finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas a partir de los resultados de la investigación.

CAPÍTULO I

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Hospital Nacional San Rafael es una institución de salud de alto nivel ubicada en el Municipio de Santa Tecla, Final 4ª Calle Ote., Departamento de La Libertad, El Salvador. Como dependencia del Ministerio de Salud, está categorizado como Hospital Departamental de Segundo Nivel de atención y se conforma por las siguientes áreas: Ginecoobstetricia, Cirugía General, Sala de Operaciones, Anestesiología, Ortopedia, Consulta Externa, Emergencia, Medicina Interna, Psiquiatría, Pediatría, Neonatología, Fisioterapia, Trabajo Social, Laboratorio Clínico, Radiología e Imágenes, Farmacia, Alimentación y Dietas, Terapia Respiratoria, Enfermería y Unidad de Epidemiología.

El hospital se reconoce por su compromiso con la atención integral y de calidad, destacando la capacidad de sus recursos humanos y su equipo multidisciplinario, que garantiza atención especializada en cada área clínica. En el contexto quirúrgico, la seguridad del paciente durante procedimientos de considerable invasión, como la colecistectomía videolaparoscópica, es una prioridad.

Aunque los pacientes clasificados como ASA I presentan condiciones clínicas estables, se ha observado que pueden presentarse variaciones en los parámetros de ventilación en el transoperatorio. Si estas alteraciones no son detectadas a tiempo, podrían desencadenar complicaciones respiratorias y afectar la evolución postoperatoria. La monitorización convencional, aunque efectiva en muchos casos, podría no ser suficiente para identificar de manera temprana estas alteraciones.

La capnometría volumétrica, mediante la medición del dióxido de carbono al final de la espiración (ETCO₂), se presenta como una herramienta innovadora que ofrece mediciones precisas y en tiempo real. Sin embargo, no existen estudios locales que evalúen de manera sistemática su eficacia en colecistectomía videolaparoscópica en pacientes ASA I y II dentro de dicha institución. Esta carencia de evidencia limita la toma de decisiones clínicas basadas en datos propios de la institución y en las características específicas de su población.

Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo determinar la eficacia de la capnometría volumétrica ETCO_2 para la detección temprana de alteraciones en la ventilación durante el transoperatorio de colecistectomía videolaparoscópica en pacientes ASA I y II del Hospital Nacional San Rafael, correlacionando los hallazgos con otros parámetros clínicos para optimizar el manejo anestésico y reducir riesgos postoperatorios.

La relevancia de esta investigación radica en mejorar la seguridad del paciente mediante la implementación de una herramienta de monitoreo más precisa que la convencional, prevenir complicaciones respiratorias, dolor, malestar por presencia de CO_2 al final de la cirugía y alteraciones a nivel diafragmático acortar los tiempos de recuperación. Asimismo, al generar evidencia científica propia del Hospital Nacional San Rafael, se fortalece la capacidad institucional para diseñar protocolos adaptados a las necesidades y recursos locales, optimizando la práctica anestésica y quirúrgica. En consecuencia, los resultados de este estudio contribuirán de manera significativa a elevar la calidad de la atención quirúrgica, consolidando la posición del hospital como referente departamental en seguridad y eficiencia clínica.

1.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

¿Puede la incorporación de la capnometría volumétrica ETCO₂ detectar precozmente alteraciones en la ventilación mecánica durante el monitoreo intraoperatorio en pacientes de 30 a 60 años de edad ASA I y II, bajo Anestesia General, que serán intervenidos quirúrgicamente por Colectomía videolaparoscópica en el Hospital Nacional San Rafael en el periodo de junio a julio del año 2025?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficacia de la capnometría volumétrica ETCO₂ al final de la espiración durante el transoperatorio para optimizar la ventilación en pacientes ASA I intervenidos quirúrgicamente por colecistectomía videolaparoscópica en el Hospital Nacional San Rafael durante el periodo de junio a julio de 2025.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar el impacto de la insuflación de neumoperitoneo sobre los valores de ETCO₂ y su influencia en la mecánica ventilatoria.
2. Identificar las alteraciones ventilatorias intraoperatorias asociadas con fluctuaciones en el ETCO₂ como hipoventilación, hipercapnia o cambios en la relación ventilación/perfusión.
3. Demostrar la relación entre los cambios en el ETCO₂ y los ajustes de ventilación mecánica durante la cirugía.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La utilización de la capnometría volumétrica ETCO₂ como herramienta de monitoreo intraoperatorio en pacientes sometidos a colecistectomía videolaparoscópica representa una innovación con potencial impacto en la seguridad y optimización del manejo anestésico. Aunque los pacientes clasificados como ASA I presentan, en general, una estabilidad clínica adecuada, es fundamental reconocer que durante el transoperatorio pueden producirse variaciones en los parámetros ventilatorios que, si no se detectan oportunamente, pueden desencadenar complicaciones respiratorias y afectar el desenlace postoperatorio.

Implementar la medición del ETCO₂ al final de la espiración permite un monitoreo en tiempo real del intercambio gaseoso, facilitando la detección precoz de desviaciones en la ventilación. Esto no solo favorece la identificación inmediata de posibles complicaciones, sino que también contribuye a ajustar de manera óptima el soporte ventilatorio y mejorar el manejo anestésico. Además, al correlacionar los niveles de ETCO₂ con otros parámetros clínicos y ventilatorios, se genera evidencia que podría fundamentar la adopción sistemática de esta tecnología en protocolos anestésicos, elevando la calidad y seguridad de la atención médica.

La relevancia de este estudio radica en la oportunidad de consolidar una herramienta de monitoreo avanzada que permita reducir riesgos intraoperatorios y postoperatorios, optimizando la intervención quirúrgica en procedimientos de mínima invasión. Así, la generación de datos robustos y específicos en el contexto del Hospital Nacional San Rafael no solo beneficiará a la institución en términos de mejora en protocolos clínicos, sino que también aportará al conocimiento científico y a la práctica médica en general, ofreciendo un modelo replicable en otros centros de salud.

CAPÍTULO

II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 COLECISTECTOMÍA POR VIDEOLAPAROSCOPIA

2.1.1 ANATOMÍA

Según Tortora (2013), la vesícula biliar es un saco piriforme, localizado en una depresión de la cara inferior del hígado. Tiene una longitud de 7-10 cm y cuelga del borde anteroinferior del hígado (*Ver anexo 2*). En la vesícula biliar, se distingue un fondo con proyecciones hacia abajo, desde el borde inferior del hígado; el cuerpo, la porción central, y el cuello, la porción estrecha. El cuerpo y el cuello se proyectan hacia arriba.

La vesícula biliar está cubierta, por fuera, por el peritoneo visceral. Las funciones de la vesícula biliar son el almacenamiento y la concentración de la bilis producida por el hígado hasta 10 veces antes de que pase al intestino delgado, cuando sea requerida por éste. En el proceso de concentración, el agua y algunos iones se absorben en la mucosa vesicular.

El conducto cuenta con mucosa espiral con función de valvas, llamadas válvulas de Heister, este conducto cístico drena al conducto biliar común o colédoco, el cual desciende a través de la cabeza del páncreas acabando en el esfínter de Oddi penetrando a la segunda porción del duodeno en donde se forma el ámpula de váter. La vía biliar, funcionalmente integra parte del aparato digestivo, y por mecanismos neurohormonales responde en fases de ayuno y digestivas.

El hígado secreta bilis de manera continua hacia los conductos hepáticos, y esta fluye hacia los conductos extrahepáticos. La vesícula biliar se llena de bilis con ayuda del esfínter de Oddi. Dentro de la vesícula, la bilis se almacena y se concentra durante la fase de ayuno, y vacía su contenido durante la fase digestiva. Respuestas adrenérgicas y colinérgicas hacen mediación de la relajación y contracción de la vesícula biliar.

Los nervios principales involucrados en la movilidad de la vesícula biliar son: el nervio vago y nervios esplácnicos. Las fibras eferentes del vago son neuronas preganglionares que hacen

sinapsis con neuronas colinérgicas intramurales dentro de la vesícula biliar.¹ Los estímulos de estas provocan la contracción de la vesícula biliar y la estimulación de los nervios espláncnicos, relajan la vesícula biliar.

La colelitiasis asintomática es diagnosticada cada vez más frecuente debido al uso de ultrasonido abdominal de rutina; la colelitiasis asintomática tiene una historia de enfermedad benigna. En la era pre-laparoscópica, la colecistectomía se ofrecía solo a pacientes con síntomas relacionados a litiasis vesicular. La colecistectomía mínimamente invasiva ha realizado un cambio en el paradigma del tratamiento, y la colecistectomía laparoscópica electiva es una alternativa fiable en pacientes con factores de riesgo para desarrollar complicaciones.

Sakorafas et al, publicaron una revisión proponiendo estrategias terapéuticas para la colelitiasis. Estipularon indicaciones absolutas como: sospecha o riesgo de malignidad si hay colelitiasis relacionadas con pólipos biliares mayores de 1cm de diámetro, vesícula calcificada/porcelana, población por etnia en riesgo de desarrollar cáncer vesicular secundario a colelitiasis (indios americanos, México-Americanos, colombianos, chilenos, bolivianos y Neo-Zelandeses), presencia de lito mayor a 3cm.

Colelitiasis asintomática relacionada a coledocolitiasis, pacientes sometidos a trasplante y estados hemolíticos crónicos, las indicaciones relativas son:

- Expectativa de vida mayor a 20 años.
- Litos mayores a 2cm de diámetro.
- Litos menores de 3mm de diámetro.
- Vesícula biliar no funcional.
- Diabetes mellitus y dispepsia con la presencia de colelitiasis.

Sus indicaciones cuestionables se caracterizan por pacientes con poco alcance a atención hospitalaria y colecistectomía incidental durante otro acto quirúrgico abdominal. Concluyendo en ofrecer la colecistectomía a pacientes con colelitiasis asintomática con factores de riesgo, no como cirugía de rutina. Cuando hay síntomas relacionados a la

¹ Tortora GJ, Derrickson B. *Principios de anatomía y fisiología*. 15ª ed. Ciudad de México: Editorial Médica Panamericana; 2019.

presencia de litos dentro de la vesícula biliar la colecistectomía laparoscópica es el estándar de oro desde 1994.

La colecistectomía laparoscópica fue realizada por primera vez por el cirujano alemán Erich Mühe. La laparoscopia no fue bien aceptada en sus inicios, sin embargo, tomó gran importancia en la cirugía ginecológica liderados por las descripciones encabezadas por el médico e ingeniero Kurt Semm. El Dr. Mühe colabora con Hans Frost para crear nuevos instrumentos que le permitieran realizar una colecistectomía, creando así el primer “Galloscope” (visor de vesícula), el cual contaba con óptica, canales de instrumentación, conductor de luz y valvas para mantener el neumoperitoneo.

El 12 de septiembre de 1985 se somete al primer paciente con plan quirúrgico de colecistectomía laparoscópica, se insufla el neumoperitoneo con una aguja de Veress y se introduce por primera vez el Galloscope a través de la cicatriz umbilical. Se asiste con puertos adicionales situados en cuadrantes inferiores del abdomen, y después de 2 horas logra realizar la primera colecistectomía laparoscópica de la historia.

Mühe continuó realizando esta cirugía encontrando ventajas claras al compararla con la colecistectomía abierta o tradicional. Describe mayor satisfacción de los pacientes hacia este nuevo abordaje y encuentra disminución en morbilidad postoperatoria y menores días de estancia intrahospitalaria; esta técnica empezó a replicarse en Francia y a realizarse de manera extensiva por el cirujano Jacques Perissat.

En 1989, Perissat presenta un video a la American Gastrointestinal Endoscopic Surgeons (SAGES) en Louisville, KY y meses después el francés Dubois presenta un trabajo escrito llamado “Coelioscopic Cholecystectomy” (colecistectomía coleoscópica) en Annals of Surgery. En 1988 se empieza a realizar la colecistectomía laparoscópica en Estados Unidos, hasta que se convierte en un procedimiento rutinario.

La colecistectomía (extirpación de la vesícula biliar y su contenido) es necesaria en aquellas personas con cálculos recurrentes o en quienes el tratamiento farmacológico o la litotricia están contraindicados. Más de 500 000 colecistectomías se realizan anualmente en los

Estados Unidos. Para evitar los efectos colaterales de la pérdida de la vesícula biliar, los pacientes deben modificar su estilo de vida y hábitos alimentarios, por ejemplo:

1. Limitar la ingesta de grasas insaturadas.
2. Evitar el consumo de bebidas alcohólicas.
3. Ingerir porciones más pequeñas durante las comidas y comer cinco o seis veces, en lugar de 2 o 2 veces con porciones más grandes.
4. Tomar suplementos con vitaminas y minerales.

2.1.2 PROCEDIMIENTO DE LA COLECISTECTOMÍA LAPAROSCÓPICA

La cirugía laparoscópica es una técnica de mínima invasión durante la cual se introducen por accesos quirúrgicos, tubos y sondas especializadas. Se hacen incisiones pequeñas de la piel de 1 cm de longitud, aproximadamente, para facilitar la introducción de tubos rígidos llamados trocares. Éstos son canales unidireccionales de punta cortante y múltiples puertos utilizados para insuflar gas y guiar los instrumentos quirúrgicos especializados. La exploración intraperitoneal visual se realiza por medio de una cámara telescópica con capacidad de vídeo, llamada laparoscopia (*ver anexo 3*).

La exposición del espacio intraperitoneal se logra por presurización del interior del abdomen, técnica llamada neumoperitoneo, o por retracción externa de la pared abdominal. La laparoscopia tradicional utiliza dióxido de carbono (CO₂) para la insuflación intraperitoneal (como en el caso de la cirugía bariátrica y la colecistectomía), y extraperitoneal (p. ej., cirugía de suprarrenales y de herniorrafia inguinal). A diferencia de otros gases usados para la insuflación, como el helio y el óxido nitroso, el CO₂ muestra un perfil de seguridad deseable.

Es un gas fuertemente soluble en la sangre, lo que facilita su eliminación rápida por los pulmones; al mismo tiempo minimiza las consecuencias de insuflación inadvertida en plano extraperitoneal o intravascular. El CO₂ no es inflamable ni oxidante y se puede utilizar de forma segura con el uso del electrocauterio. La insuflación de dicho gas, a pesar de su perfil de seguridad, genera efectos adversos.²

² Townsend CM, Beauchamp RD, Evers BM, Mattox KL. *Sabiston. Tratado de cirugía: La base biológica de la práctica quirúrgica moderna*. 21ª ed. Barcelona: Elsevier; 2022.

La insuflación intraperitoneal se logra por lo común al practicar una pequeña incisión subumbilical a través de la cual se introduce una aguja de Veress de acero inoxidable que posee un resorte y punta roma. A la llave Veress se conecta un insuflador autorregulable y automatizado con parámetros ajustables prefijados para administrar CO₂ de bajo flujo, hasta que se logra la distensión del abdomen.

Es importante evitar la presión intraabdominal (PIA) máxima prefijada mayor de 15 mm Hg, para disminuir las complicaciones por CO₂ y la inestabilidad cardiopulmonar intensa. La aguja de Veress se sustituye por un trocar para la introducción del laparoscopio. A partir de ese momento se hacen otras incisiones a través de las cuales se introducen de forma seriada los trocares bajo visualización laparoscópica y transiluminación, para evitar la lesión intraabdominal inadvertida.

La cirugía se realiza por medio de un laparoscopio para el monitoreo con video y diversos instrumentos manuales largos. Si se necesita que el cirujano utilice su mano para manipulación de tejidos en el interior del abdomen o para extraer una gran pieza durante la cirugía laparoscópica, podrá obtenerse un mayor acceso quirúrgico a través de un abordaje manual asistido por el laparoscopio.

Se hace un solo orificio de 5 a 7.5 cm en la pared abdominal y se introduce una manga circular flexible de autorretención para la introducción de la mano en el interior del abdomen. En vez del neumoperitoneo por medio de CO₂, se puede lograr el descubrimiento del espacio intraperitoneal por retracción externa de la pared abdominal, técnica de elevación parietal. Este procedimiento necesita un aparato horizontal especializado que se introduce en la pared del abdomen para suspender su porción anterior y separarla de las vísceras abdominales. Por lo general, no se necesita la insuflación de gas. A pesar de los beneficios de no utilizar la insuflación con gases por sus efectos adversos, la elevación de la pared abdominal, según se piensa, no es tan útil como la laparoscopia por medio de neumoperitoneo, porque prolonga el tiempo quirúrgico y su perfil de seguridad no es confiable.

Los cambios de posición del paciente durante la cirugía laparoscópica se ven influidos de manera particular por algunos factores. Los instrumentos rígidos y largos facilitan el acceso mínimo, pero limitan la facilidad de manipulación de tejidos.

Por lo común, se necesita inclinar la cama hacia un lado para mejorar la exposición quirúrgica de forma pasiva, con mínima retracción quirúrgica. Por medio de la posición extrema, Trendelenburg invertido (es decir “cabeza arriba”) se visualizan las estructuras de la mitad superior del abdomen, como en el caso de cirugías para derivación gástrica. Se usa la posición de Trendelenburg extrema (“cabeza abajo”) para visualizar las estructuras de la mitad inferior del abdomen, como en las intervenciones del útero o la próstata.

La posición lateral de litotomía (en “navaja de bolsillo”) se utiliza para exponer el espacio retroperitoneal durante la nefrectomía radical. La inclinación hacia la izquierda deja al descubierto el apéndice, en tanto que la que se orienta al lado derecho expone el hemicolon izquierdo. La adición de litotomía depende de la necesidad de un acceso para cirugía de genitales y vías urinarias.³

2.1.3 USO DE CO2 EN VIDEOLAPAROSCOPIA

La laparoscopia requiere la formación de un espacio en el área peritoneal durante el procedimiento se presenta aumento de la presión intraabdominal esto debido a la insuflación de gas, dióxido de carbono (CO₂), dicha presión se mide por la determinación de la distensibilidad de la cavidad abdominal y el volumen de gas insuflado la tasa de gas es de 4-6 L por minuto hasta alcanzar una presión de 10-20mmHg.

Durante la anestesia, en cirugía laparoscópica se desarrollan una serie de cambios fisiopatológicos que dependerán de la insuflación de CO₂ dentro de la cavidad abdominal, produciéndose alteraciones hemodinámicas, respiratorias, metabólicas y en otros sistemas los cuales debemos tener en cuenta para su manejo y conocer sus probables complicaciones.

El gas que se usa para inducir el neumoperitoneo es el CO₂, por su alta solubilidad, gran capacidad de difusión y ser fisiológica y farmacológicamente inerte. La cavidad peritoneal

³ Barash, P. G., Cahalan, M. K., Cullen, B. F., Stock, C., Stoelting, R. K., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N., & Dalley, A. F. (2018). Dalley. *Anestesia Clínica 8° Edición*.

está cubierta por una lámina continua intacta de células mesoteliales que tiene una superficie aproximada de 1,5 m² y se encuentra cubierto por una delgada película de líquido peritoneal a 37°C; existe una condición fisiológica normal con un estado de equilibrio homeostático, bioquímico y físico cuando existe una presión intraabdominal de hasta 3 mmHg. Crear y mantener un neumoperitoneo altera esas circunstancias, con los consecuentes efectos físicos, químicos y biológicos.

Entre otros efectos, el aumento de la presión intraabdominal induce respuesta de estrés hemodinámico, altera el retorno venoso de las extremidades inferiores, disminuye el gasto cardíaco y hay un aumento de la presión arterial media, así como de la resistencia vascular sistémica. Un neumoperitoneo que mantiene la temperatura corporal, la hidratación del tejido y la integridad durante la cirugía laparoscópica, mejora el resultado clínico.

Una presión abdominal de hasta 12 mmHg ha demostrado ser la adecuada para la mayoría de procedimientos quirúrgicos, minimizando los efectos adversos; con dicha presión, en pacientes jóvenes y sin comorbilidad, la retención de CO₂ es mínima. Se ha observado cambios hemodinámicos significativos cuando la presión intraabdominal se eleva por encima de 12 mmHg; así, en un estudio observacional prospectivo se observó los siguientes cambios hemodinámicos: disminución del volumen de eyección, disminución del gasto cardíaco, así como un aumento de la resistencia vascular sistémica.

En la cirugía laparoscópica, la anestesia general es el método de elección, ya que permite al profesional en anestesiología un control preciso de la ventilación y modificar los parámetros ventilatorios, en base en las alteraciones que puedan presentarse. Supone algunas ventajas, como el adecuado control de la respiración, óptima protección de la vía aérea, excelente relajación muscular, monitoreo del dióxido de carbono al final de la espiración con el capnógrafo, entre otras.

2.1.4 PROBLEMAS VENTILATORIOS

Los principales problemas ventilatorios relacionados al neumoperitoneo son el aumento de la presión arterial de CO₂ (PaCO₂), neumotórax, Neumomediastino, neumopericardio, embolia gaseosa y Síndrome de Mendelson. La elevación de la PaCO₂ se produce durante la

insuflación y puede ser aún mayor si se eleva la cabecera del paciente; este problema se resolvió parcialmente realizando una hiperventilación, aunque ha sido insuficiente debido quizás a la depresión ventilatoria inducida por la anestesia.

Los factores que influenciarían el incremento de la PaCO₂ serían la duración del neumoperitoneo, la anestesia y el aumento de la presión intrabdominal. Como es bien sabido el CO₂ es un gas con alta difusibilidad, por ende, su difusión a través de la membrana peritoneal podría ser una de las explicaciones de este incremento, aunque se sostiene que el gas es más difusible a través de la pleura que del peritoneo. Sin embargo, esta difusibilidad peritoneal sería la responsable de alrededor de un 10% de este aumento. Otras explicaciones a este incremento serían el aumento del espacio muerto fisiológico y la depresión de la ventilación por la anestesia. La elevación del diafragma conduce a un desajuste entre ventilación y perfusión pulmonar, se ha descrito un aumento de la diferencia arterio-alveolar de CO₂ que se refleja en un aumento del espacio muerto fisiológico.⁴

Este aumento y la consiguiente acidosis arterial pueden tener repercusiones deletéreas en diferentes órganos. Por todo esto es que los estudios recomiendan mantener la PaCO₂ dentro de valores fisiológicos. (35-45 mmHg.).

El neumotórax, neumopericardio y neumomediastino pueden ser ocasionados por el pasaje del gas a través de orificios congénitos; en el caso del neumomediastino, éste se puede producir también en casos de cirugía de la unión esófago-cardial. El neumotórax puede ser ocasionado por la ruptura de bullas enfisematosas debido al aumento de insuflación alveolar secundaria al incremento de la ventilación por minuto durante la creación del neumoperitoneo. Estas complicaciones son potencialmente graves y pueden desencadenar trastornos respiratorios y hemodinámicos severos.

La embolia gaseosa es tal vez la complicación más temida y fatal de la laparoscopia. Ésta puede estar producida, como ha sido mencionado, por la inyección directa de gas en un vaso durante la insuflación, puede producirse durante la cirugía, o también, más allá de la misma

⁴ Miller RD, Cohen NH, Eriksson LI, Fleisher LA, Wiener-Kronish JP, Young WL. *Miller. Anestesia*. 9ª ed. Barcelona: Elsevier; 2020.

por atrapamiento del gas en la circulación portal. La fisiopatología del embolismo gaseoso estará regida también por el tamaño de las burbujas de gas y la velocidad de entrada. La insuflación rápida de gas puede producir un “*cierre gaseoso*” a nivel de la vena cava y en la aurícula derecha. Se producirá una obstrucción del retorno venoso con disminución del gasto cardíaco e incluso colapso.

El diagnóstico de embolia gaseosa se basa en la detección de émbolos de gas en el lado derecho del corazón o en la identificación de los cambios fisiológicos comunes a las embolias.

Por último, dentro de los problemas ventilatorios debemos mencionar al Síndrome de Mendelson o síndrome de aspiración ácida. Es un problema que se debe tener presente ante todo paciente que será sometido a laparoscopia. Los factores de riesgo son la regurgitación o reflujo que pueden ser facilitados por el aumento de la presión intrabdominal.

2.2 MONITORIZACIÓN DE LA OXIGENACIÓN

2.2.1 CAPNOGRAFÍA VOLUMETRICA

Es la que permite la visualización continua y no invasiva de la concentración de dióxido de carbono en el volumen exhalado, permitiendo obtener el registro de variables relacionadas con ventilación y perfusión alveolar, medir la eficiencia ventilatoria, el intercambio gaseoso, evaluar el estado V/Q del paciente, evaluar la eliminación del CO₂ y la eficacia de maniobras de reclutamiento, además que ha sido descrito como herramienta de apoyo a la titulación del PEEP.

Se debe tener en cuenta la cinética del CO₂ para entender la utilidad de la capnografía volumétrica, por lo que es necesario recordar las fases en las que está implicado el CO₂.

2.2.2 PRODUCCIÓN DE CO₂

El CO₂ deriva del producto del metabolismo celular y se acumula en el cuerpo en forma de depósitos, en condiciones basales su producción es de aproximadamente 250ml/min, en

estados de hipermetabolismo como sepsis se encuentran niveles más elevados, caso contrario se ha visto en bajo efectos de relajantes musculares o hipotermia.

2.2.3 TRANSPORTE DE CO₂

Es un gas que difunde fácilmente por medio de los compartimientos corporales por gradiente de presión, el cual por medio del torrente sanguíneo es transportado hacia el pulmón por el HCO₃ unido a la Hb y en un menor porcentaje disuelto en plasma

2.2.4 ELIMINACIÓN DE CO₂

La principal vía de eliminación es por medio de la ventilación, por lo que el gas al alcanzar la microcirculación pulmonar se vierte al compartimiento alveolar y es eliminado en la espiratoria, lugar en donde es registrado por medio de sensores y plasmado en la capnografía volumétrica, se debe tener en cuenta que existen otras de vías de eliminación en menor porcentaje como a nivel gástrico.

Los capnógrafos volumétricos cuentan con sensores de flujos adaptados a analizadores infrarrojos, lo que permite integrar de forma simultánea y en tiempo real, el CO₂ y el volumen corriente espirado, y por medio de estos valores se puede estimar el espacio muerto y la ventilación alveolar, entre otras utilidades.

2.2.5 MONITOR METABÓLICO

Es un indicador del metabolismo celular en condiciones aeróbicas y anaeróbicas, encontrándose valores aumentados en procesos hipermetabólicos y disminuidos en condiciones de metabolismo celular disminuido.

2.2.6 MONITOR DE VENTILACIÓN E INTERCAMBIO GASEOSO

Debido a que se trata de una cinética unidireccional desde la célula al medio ambiente, podemos evaluar la ventilación alveolar y realizar análisis de espacio muerto.

2.2.7 MONITOR DE LA PERFUSIÓN PULMONAR Y GASTO CARDÍACO

Debido a que la única forma de llegar el CO₂ a los alvéolos es por medio del flujo sanguíneo, la salida del CO₂ por el tubo orotraqueal es útil para la monitorización del gasto cardiaco, debido a que la velocidad de eliminación depende del retorno venoso.

2.2.8 ESPACIO MUERTO Y VENTILACIÓN ALVEOLAR

El espacio muerto fisiológico es definido como la porción de gas que no participa del intercambio gaseoso o como el volumen de gas pulmonar que no contiene CO₂ (VD), el cual es representado como un porcentaje del V_t y se expresa como fracción de espacio muerto, el cual normalmente corresponde a menos del 30% (VD/V_t), el resto del gas que contiene CO₂ del V_t corresponde a la ventilación alveolar, por lo que puede decirse que tienen una relación inversa, es decir, a mayor espacio muerto menor ventilación alveolar y viceversa.⁵

El monitoreo del espacio muerto con capnografía volumétrica, se realiza por medio de las fases de la capnografía:

- Fase I Corresponde al primer volumen de gas que transcurre por el sensor de flujo y proviene de las vías respiratorias que no generan intercambio de CO₂ y del instrumental del circuito del ventilador, corresponde al espacio muerto anatómico.
- Fase II Representa el volumen de gas que proviene de la vía aérea distal con la mezcla de gas proveniente de los alvéolos, en esta fase se puede evidenciar una zona de transición entre el gas transportado por convección y el transportado por difusión, por lo general se ubica en el punto medio de la fase II y anatómicamente corresponde al nivel de los bronquiolos respiratorios.
- Fase III Representa el gas proveniente directamente de los alveolar y es un marcador de flujo sanguíneo pulmonar y se puede correlacionar con el cargo cardíaco, siendo el valor que se presenta en el punto medio de la fase III el valor de la PACO₂.

2.3 CAPNOMETRÍA

La medición continua de la efectividad de la ventilación tiene un enorme valor clínico puesto que permite detectar precozmente cambios que afectan el metabolismo del paciente críticamente enfermo y por supuesto, pueden diagnosticarse trastornos ventilatorios durante el soporte ventilatorio continuo y durante la retirada del ventilador. La capnometría se utiliza básicamente para medir continuamente la presión de CO₂ al final de la espiración.

⁵ West JB. *Fisiología respiratoria: fundamentos*. 10ª ed. Barcelona: Wolters Kluwer; 2018.

(PETCO₂), parámetro que se sitúa normalmente entre 2 y 3 mmHg por debajo de la PaCO₂ (1, 2). Esta técnica permite monitorizar la ventilación constantemente ciclo a ciclo. Cuando se detectan cambios bruscos en la PETCO₂ deben compararse con los valores de PaCO₂ obtenidos de los gases arteriales.

Otros datos obtenidos del capnómetro se refieren a ventilación efectiva, medición del espacio muerto anatómico y volumen minuto. Una PETCO₂ elevada, siempre se relacionará con hipoventilación mientras que bajos valores de PETCO₂ indicarán hiperventilación.

En la intubación esofágica o la desacomodación del tubo endotraqueal la PETCO₂ desciende a cero (0). Los aparatos utilizados son de fácil manejo. Constan de un instrumento de registro y una cubeta que se interpone entre el tubo endotraqueal y la tubuladura del ventilador. Como ya se mencionó, en condiciones fisiológicas la PETCO₂ tiene un valor ligeramente menor a la PaCO₂ (entre 2 y 3 mm de Hg, aproximadamente). En la práctica, pueden considerarse de utilidad las siguientes afirmaciones:

- Si la PETCO₂ es cero, considere intubación esofágica.
- Si la PETCO₂ ha mostrado lecturas confiables y súbitamente cae a cero, considere desconexión del ventilador, apnea e incluso obstrucción total de la vía aérea.
- Si la PETCO₂ es elevada, considere hipoventilación alveolar, pero compruébelo con los gases arteriales.
- Si la PETCO₂ es baja, considere hiperventilación, pero compruébelo con gases arteriales.
- Si la diferencia entre PETCO₂ y PaCO₂ es mayor de 3 mm de Hg, deben considerarse como posibilidades: aumento de la ventilación de espacio muerto (en respiración superficial, por ejemplo), uso de altos valores de PEEP (que aumentan el espacio muerto), coagulación intravascular diseminada, tromboembolismo pulmonar, shunt intracardiaco de derecha a izquierda o hipertermia maligna.
- Si la PETCO₂ disminuye de manera exponencial, es preciso considerar alguna anomalía del sistema cardiovascular. Si la disminución es progresiva, considere bajo gasto cardíaco, disminución del metabolismo tisular o disminución de la perfusión pulmonar.

2.3.1 CAPNOGRAFÍA DE TIEMPO

La presión de CO₂ al final de la espiración, no sólo es susceptible de medición en valores absolutos con el capnómetro, sino que también puede obtenerse su representación gráfica con la ayuda del capnógrafo que corresponde al trazado de la presión de CO₂ en el tiempo.

2.3.2 CAPNOGRAFÍA VOLUMÉTRICA

La capnografía volumétrica corresponde al trazado de la concentración de CO₂ exhalado (ordenada) en relación con el volumen espirado (abscisa). En la curva obtenida en la medición se diferencian tres fases:

- Fase I representa el gas proveniente de las vías aéreas superiores (espacio muerto anatómico) que no contienen CO₂.
- Fase II representa el gas mixto proveniente de las vías de conducción en las que el CO₂ comienza a aumentar por la mezcla de gas del espacio muerto anatómico con gas alveolar –cuya pendiente suele disminuir en casos de obstrucción.
- Fase III se visualiza el CO₂ proveniente del gas alveolar que no es completamente recta, sino que su pendiente tiene un discreto ascenso debido a las diferencias en los tiempos de vaciado de diferentes zonas alveolares; el ángulo de esta pendiente se relaciona con alteraciones en la relación ventilación/ perfusión que condicionan un retraso en el vaciamiento alveolar.

2.4 CAGNOGRAFIA

La capnografía es la medición no invasiva y continua de la concentración de CO₂ en el aire espirado. Aunque los términos «capnografía» y «capnometría» se utilizan en ocasiones como sinónimos, la capnografía permite la representación gráfica de la concentración de CO₂ en función del tiempo, con un trazado denominado capnograma, mientras que la capnometría sólo muestra el valor numérico del CO₂ exhalado.

El análisis del CO₂ puede hacerse por métodos químicos o por espectroscopía de absorción infrarroja. El análisis químico se basa en un detector colorimétrico desechable que aporta una estimación cualitativa del CO₂ exhalado, cambiando de color a medida que la concentración

de este gas aumenta, desde el morado, en ausencia de CO₂, hasta el amarillo cuando la concentración de este gas es superior al 5 %. Estos dispositivos son particularmente útiles en situaciones de emergencia, para distinguir la intubación endotraqueal de la esofágica.

La espectroscopía infrarroja proporciona datos cuantitativos de la concentración de CO₂ en el aire espirado y se basa en que la concentración de CO₂ en una muestra de gas está directamente relacionada con la cantidad de luz infrarroja absorbida (el CO₂ absorbe radiación infrarroja a 4,26 μm). Los analizadores de infrarrojos son los que habitualmente se utilizan durante la ventilación mecánica y se clasifican en centrales (mainstream) y laterales (sidestream), según el método con que toman la muestra de gas exhalado para su análisis. Los analizadores centrales se sitúan «en línea», directamente unidos al tubo endotraqueal o a la pieza en Y del circuito ventilatorio, de manera que el análisis de la totalidad del gas se realiza en la vía aérea.

En los analizadores laterales, la muestra de gas es aspirada mediante un fino tubo desde la vía aérea hasta la cámara de medición, localizada en una consola separada, por lo que hay un ligero retraso en el análisis como consecuencia del tiempo requerido para el transporte del gas. Cada uno de los diseños tiene ventajas y desventajas, pero no se ha demostrado claramente la superioridad de ninguno de ellos.

2.5 CAPNOGRAMA NORMAL

El aire inspirado prácticamente no contiene dióxido de carbono (0,3 %), mientras que la proporción de CO₂ en el aire espirado es de aproximadamente el 5 %, procedente en su mayoría del metabolismo celular. Aunque el CO₂ espirado puede trazarse en función del volumen (capnometría volumétrica), en general el capnógrafo representa la concentración fraccional o presión parcial de CO₂ (PCO₂) en función del tiempo.

2.5.1 FASES DEL CAPNOGRAMA RESULTANTE

- Fase I indica el comienzo de la espiración y se caracteriza porque el gas exhalado no contiene CO₂ (similar al aire inspirado), que procede de las vías aéreas de conducción (espacio muerto anatómico).

- Fase II, el gas alveolar, rico en CO₂, se mezcla con el gas del espacio muerto y produce una elevación aguda de la PCO₂. Mientras dura la exhalación del gas alveolar, la curva se nivela y forma una meseta, la cual constituye.
- Fase III. La PCO₂ al final de la meseta alveolar, justo antes del comienzo de la inspiración, se denomina PCO₂ al final de la espiración o end-tidal (PetCO₂), y se expresa en mm Hg.
- Fase IV es la inspiración, por lo que la concentración de CO₂ cae de nuevo a cero. La forma del capnograma será anormal en los pacientes con patología pulmonar.

2.6 PCO₂ AL FINAL DE LA ESPIRACIÓN

La PetCO₂ representa la PCO₂ alveolar (PACO₂), la cual está determinada por la producción de CO₂ (VCO₂) y su aporte a los alvéolos, y por la relación entre la ventilación y la perfusión pulmonar (V/Q). La producción de CO₂ depende de la actividad metabólica y, por tanto, cualquier proceso que la incremente aumentará la VCO₂. Cuando la V/Q es normal, la PetCO₂ se aproxima a la PaCO₂, aunque hay un pequeño gradiente, inferior a 5 mm Hg, entre la PaCO₂ y la PetCO₂ (P[a-et]CO₂). Si la V/Q es baja (reducción de la ventilación o incremento de la perfusión), la PetCO₂ aumenta (reducción del P[a-et]CO₂) y se equilibra más con la presión venosa de CO₂ (PvCO₂) que con la PaCO₂. Cuando la V/Q es alta (incremento de la ventilación o reducción de la perfusión), aumenta la ventilación del espacio muerto fisiológico y la PetCO₂ puede disminuir marcadamente (incremento del P[a-et]CO₂), reflejando más la PCO₂ del aire inspirado que la PaCO₂.

2.7 APLICACIONES CLINICAS

Según la evidencia actual, la capnografía podría ser útil para evaluar la eficiencia de la ventilación mecánica y para medir la producción de CO₂. Puesto que existe una considerable variabilidad en la relación entre la PaCO₂ y la PetCO₂, tanto en un mismo paciente como entre pacientes diferentes, es difícil predecir el valor de la PaCO₂ a partir de la PetCO₂ durante la ventilación mecánica. La PetCO₂ como reflejo de la PACO₂ sólo es útil en los pacientes ventilados que tienen una función pulmonar relativamente normal, como los

enfermos con un traumatismo craneoencefálico sometidos a hiperventilación. En cambio, no es útil inferir la PaCO₂ a partir de la PetCO₂ durante la retirada del ventilador, ni en el ajuste de la PEEP óptima.

2.8 UTILIDAD DE LA CAPNOGRAFÍA VOLUMÉTRICA EN LA VENTILACIÓN MECÁNICA

2.8.1 TITULACIÓN DE PEEP

El VD/VT se incrementa en forma proporcional a la severidad del SDRA, lo que determina la reducción del porcentaje del tejido pulmonar aireado (baby lung), lo cual es debido al colapso alveolar, lo que genera que los pacientes sean más susceptibles a generar VILI, por lo que la evaluación continua de la ventilación y presiones de la vía aérea, ayuda a generar cambios terapéuticos en niveles de PEEP para mantener ventilaciones protectoras.

2.8.2 INCREMENTO DE LA PAUSA INSPIRATORIA

Se ha demostrado que la prolongación de tiempos inspiratorios genera una reducción en la PaCO₂, debido al incremento del tiempo para el intercambio gaseoso a nivel alveolar, generando un desplazamiento en el punto medio de la fase II de la capnografía, lo cual es útil en maniobras de ventilación protectoras que generan hipercapnia, lo que reduce el riesgo de VILI.

2.8.3 DECÚBITO PRONO

En pacientes con SDRA el cambio postural de supino a prono genera modificación estructurales del parénquima pulmonar secundario a los efectos gravitacionales y a la liberación del peso de los tejidos sobre el pulmón, lo que incrementa el porcentaje de tejido aireado, permitiendo mejoría en la oxigenación y reducción de la PaCO₂, lo cual puede ser monitorizado en tiempo real por medio de la capnografía volumétrica.

2.9 VENTILACIÓN MECÁNICA PROTECTORA

2.9.1 PRINCIPIOS FISIOLÓGICOS

La insuflación pulmonar durante la Ventilación Mecánica se produce cuando se aplican presión y flujo aéreo, la presión se equilibra con la presión alveolar, y produce un gradiente de presión transpulmonar entre los alvéolos y el espacio pleural. El gradiente de presión transpulmonar interactúa con la mecánica del sistema respiratorio (de modo primario, distensibilidad del pulmón, pared torácica y resistencia de las vías aéreas) para conseguir un cambio de volumen en el parénquima pulmonar.

La distribución del volumen pulmonar no es homogénea durante la VM. En los modos de ventilación controlada por presión como por volumen, el volumen corriente (VC) alcanzado es distribuido preferentemente a las unidades alveolares con baja resistencia, alta distensibilidad o ambas. Esta heterogeneidad de la fisiología de las unidades alveolares y de la distribución del VC, favorece un elevado riesgo de lesión por fuerzas mecánicas que no están presentes en la fisiología pulmonar normal.

- **Diferencia en la presión alveolo-arterial de oxígeno (PA-aO₂):** Este valor determina el grado de eficiencia con el cual se lleva a cabo el intercambio gaseoso. La alteración de este índice se traduce como una oxigenación alterada o deficiente y se ha observado que la diferencia en la presión alveolo-arterial se incrementa en el 90% de los pacientes que están anestesiados independientemente del régimen anestésico o de la utilización o no de ventilación mecánica.

Intercambio gaseoso Los cortocircuitos se incrementan del 1-2% al 8-10% durante el transoperatorio, además de un incremento de las áreas con alta perfusión, pero baja ventilación. Estos cortocircuitos pueden incrementarse con valores elevados de fracción inspirada de oxígeno (FiO₂).

2.9.2 ALTERACIONES EN LA VASOCONSTRICCIÓN PULMONAR HIPÓXICA (VPH)

Algunos de los fármacos que se administran de manera cotidiana durante el período anestésico, causan una disminución de la vasoconstricción pulmonar hipóxica. Esto ocurre

principalmente con anestésicos inhalados; sin embargo, estos efectos han sido pobremente delineados en parte por los muchos factores que se sabe pueden alterar la VPH tales como: temperatura, pH, tensión de dióxido de carbono, grado relativo de hipoxia, tamaño del área hipóxica, trauma quirúrgico y otros medicamentos administrados de manera concomitante. Cabe señalar que la eficacia de este mecanismo varía de manera inversa al flujo arterial sanguíneo pulmonar y la inhibición de la VPH por los anestésicos inhalados puede verse objetada por una reducción simultánea en el gasto cardíaco a tal grado de que el mecanismo de vasoconstricción pulmonar hipóxica no se ve afectado.

Las fracciones altas de oxígeno inspirado, también atenúan la respuesta de vasoconstricción pulmonar hipóxica. La pérdida de este mecanismo protector se refleja como un estímulo más para el desequilibrio entre ventilación y perfusión (VA/Q).

Volúmenes pulmonares y mecánica ventilatoria La CFR (de aproximadamente 2.2 L) pierde de 0.8 a 1 L con el cambio de posición de supino a decúbito, a lo cual hay que agregar un decremento adicional de 0.4-0.5 L después de la inducción anestésica. La distensibilidad pulmonar también se ve reducida de 95 a 60 mL/cmH₂O, como consecuencia de la disminución de la CFR y no por efecto de los anestésicos sobre el tejido pulmonar.

2.9.3 VENTILACIÓN DE SOPORTE ADAPTATIVO (ASV)

Es un modo de asa cerrada, el cual implica una retroalimentación positiva o negativa, proveniente de la información obtenida desde el paciente, lo que permite modificar de forma fisiológica el soporte ventilatorio de forma individualizada, el cual está diseñado para proveer una ventilación minuto mínima programada por el médico, teniendo en cuenta conceptos fisiológicos como lo son la distensibilidad, resistencia y desarrollo de autoPEEP, siendo un modo que puede usarse en respiraciones asistidas o mandatorias, siendo el porcentaje de asistencia de ventilación minuto (%VM) la principal variable a determinar, basándose en el peso ideal del paciente, adicionalmente se debe programar una presión máxima (Pmax), PEEP y FiO₂, asegurando volumen y siendo limitado por presión, de tal forma que el sistema adapta automáticamente el volumen corriente, la frecuencia respiratoria mandataria y la relación I:E, garantizando la ventilación alveolar efectiva minimizando el trabajo

respiratorio, previniendo el atrapamiento aéreo y el barotrauma. En conclusión, es un modo limitado por presión y ciclado por flujo con un volumen asegurado.⁶

Es un modo que puede ser usado para inicio, mantenimiento y retiro de soporte ventilatorio, siendo para el modo de retiro necesario una disminución gradual, hasta lograr un %VM menor al 25% asociado a condiciones gasométricas y clínicas favorables, lo cual ha demostrado una disminución en tiempos de extubación; sin embargo, es poca la evidencia en manejo de pacientes con patología obstructiva, broncoespasmo severo, polineuropatías o movilización de secreciones.

2.9.4 PARÁMETROS DETERMINADOS POR LA ASV BASADO EN VENTILACIÓN PROTECTORA

Parámetro	Mínimo	Máximo
Presión inspiratoria (cmH ₂ O)	5 por encima de PEEP	10 debajo de Pmax
Volumen corriente	4.4. peso ideal	15.4 peso ideal (limitado a Pmax)
Frecuencia Respiratoria Targer	5 resp. / min.	-22resp/min * %VolMin /100 (si peso ideal mayor 15kg) -45resp/min * %VolMin/100 (si peso ideal meno 15kg)
Frecuencia respiratoria mandataria (resp/min)	5 resp.	60 resp,/ por minuto
Tiempo inspiratorio (seg)	0.5 seg.	2 seg.
Tiempo Espiratorio (seg)	3 seg.	12 seg.
Relación I:E	1:4	1:1

⁶ Chatburn RL, Mireles-Cabodevila E. *Fundamentals of mechanical ventilation*. 3rd ed. Cleveland: Cleveland Clinic; 2020.

Parámetros por seleccionar:

Talla y Sexo del paciente (cálculo del peso ideal: $\text{cm} - 152,4 * 0,91 + 50$ (si es hombre) o $+ 45,5$ (si es mujer) y %VM que desea asistir (25-350%), idealmente se inicia en 100% y PEEP: 0 – 30 cm H₂O y FiO₂: 21 – 100% y Sensibilidad inspiratoria (Trigger): y %Flujo ciclo (Sensibilidad transición espiratoria) y Alarmas – PMax (por lo general se activa 10cmH₂O por debajo del nivel programado) – AutoPEEP: 6 cm H₂O – V_t – FR – Presión inspiratoria.

- *ASV – Intellivent*: Es una mejora realizada al modo ASV, en la cual se añadió al algoritmo un control de asa cerrada para el CO₂ final espiratorio (etCO₂) y la saturación de oxígeno permitiendo implementar una estrategia ventilatoria protectora, tanto en la fase de control como en la de asistencia para el destete.

El sistema Intellivent-ASV automatiza los controles del ventilador para alcanzar los objetivos fijados por el médico de PetCO₂ y SpO₂, por medio de estrategias de ventilación protectora, previniendo AutoPEEP, volutrauma y barotrauma, evitando la apnea, taquipnea y las respiraciones prolongadas, es un modo ventilatorio que solo puede ser usado en ventilación invasiva con intubación orotraqueal y se contraindica en menores con pesos por debajo de los 7kg y en patologías que generen aumento de la carboxihemoglobina como en la metahemoglobinemia.

2.9.5 PARÁMETROS PARA SELECCIÓN

Porcentaje de Vol Min: Puede programarse de dos maneras, automático y manual, dependiendo de PetCO₂ si el paciente está en modo asistido y de la frecuencia respiratoria en pacientes en modo espontáneo, se debe individualizar la graduación de dicho valor teniendo en cuenta las características propias del paciente y si nos encontramos en modo destete.

PEEP/Oxígeno: puede programarse en modo y manual, en el modo automático la administración de oxígeno se establece por los valores de PEEP de acuerdo a la SpO₂, las condiciones del paciente y el estado hemodinámico del mismo; y en el modo manual automático el médico establece el valor SpO₂ objetivo y por medio de ajuste en la PEEP y/o la FiO₂ se busca lograra dicho objetivo.

CAPÍTULO

III

3.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE: Evaluación de uso de la capnometría volumétrica ETCO ₂ .	Capnometría volumétrica ETCO₂: Es el monitoreo continuo de la concentración de dióxido de carbono al final de la espiración (ETCO ₂) mediante un capnógrafo volumétrico, utilizado durante procedimientos anestésicos para evaluar el estado ventilatorio y metabólico del paciente.	<ul style="list-style-type: none"> - Registrar el valor del ETCO₂ durante el transoperatorio mediante un capnógrafo volumétrico. - Analizar los registros de los cambios en los valores del ETCO₂ a través de la hoja anestésica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación de capnografía. - Registro de ETCO₂. - Interpretación de valores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso del capnógrafo volumétrico (Sí / No). - Valor de ETCO₂ final espiratorio (mmHg). - Valores normales (35-45 mmHg), elevados o bajos.
VARIABLE DEPENDIENTE:	Condición transoperatoria: Se refiere al estado	<ul style="list-style-type: none"> - Registrar en la hoja anestésica el comportamiento de 	<ul style="list-style-type: none"> - Estabilidad ventilatoria. 	<ul style="list-style-type: none"> - Frecuencia respiratoria (rpm).

<p>Condición transoperatoria del paciente.</p>	<p>fisiológico del paciente durante el acto quirúrgico, en términos de estabilidad respiratoria y hemodinámica, evaluado a través de parámetros clínicos y signos vitales.</p>	<p>los signos vitales del paciente (frecuencia respiratoria, presión arterial, frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluar la estabilidad ventilatoria y hemodinámica del paciente durante la cirugía. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estabilidad hemodinámica. - Variabilidad de signos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Saturación de O₂ (%). - ETCO₂ (mmHg). - Presión arterial (mmHg). - Frecuencia cardíaca (lpm). - Cambios significativos de más del 20% respecto al valor basal.
--	--	--	--	--

CAPÍTULO

IV

4. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 TIPO DE ESTUDIO

4.1.1 DESCRIPTIVO

El estudio es descriptivo, ya que, busca observar, medir y detallar el comportamiento de una variable clínica específica, en este caso, el uso de la capnometría volumétrica ETCO₂ al final de la espiración en un contexto quirúrgico definido como lo es, en el transoperatorio de pacientes ASA I y II, de entre 30 y 60 años de edad, durante procedimientos de colecistectomía por videolaparoscopia.

4.1.2 TRANSVERSAL

Es transversal porque la recolección de los datos se realizará en un solo momento temporal, durante el transoperatorio de colecistectomía videolaparoscópica realizadas entre junio y julio del año 2025.

4.2 POBLACIÓN, MUESTRA Y TIPO DE MUESTRA

4.2.1 POBLACIÓN

La población objeto de estudio estará conformada por todos los pacientes adultos, clasificados como ASA I y II, con edades comprendidas entre 30 y 60 años, que serán intervenidos quirúrgicamente por colecistectomía videolaparoscópica en el “Hospital Nacional San Rafael”, durante el período comprendido entre junio y julio de 2025.

4.2.2 MUESTRA

La muestra seleccionada estará conformada por 30 pacientes que formarán parte de la población entre las edades de 30 a 60 años, ASA I y II, que serán intervenidos en cirugías de colecistectomía por videolaparoscopia bajo anestesia general.

4.2.3 TIPO DE MUESTREO

El tipo de muestreo será no probabilístico debido a que el enfoque se basará en seleccionar a los pacientes que cumplan con la edad, clasificación ASA, tipo de cirugía y período de tiempo, y que estén disponibles durante el período de recolección de datos (junio a julio de 2025). Tales requisitos se confirmarán al momento de examinar al paciente y realizar la visita preanestésica.

4.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

4.3.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

El estudio se realizará en el “Hospital Nacional San Rafael” con pacientes adultos, los cuales deberán cumplir con los siguientes criterios:

1. Pacientes entre 30 y 60 años.
2. Pacientes clasificados como ASA I o ASA II.
3. Pacientes intervenidos por colecistectomía videolaparoscópica programada.
4. Cirugías realizadas en el Hospital Nacional San Rafael.

4.3.2 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Se excluyeron del estudio los pacientes con los siguientes criterios:

1. Pacientes ASA III o superiores.
2. Casos de intervención en cirugía abierta.
3. Procedimientos quirúrgicos de urgencia.

4.4 MÉTODO, TÉCNICA E INSTRUMENTOS

4.4.1 MÉTODO

Se utilizará el método de estudio transversal y observacional, ya que se recolectarán datos para posteriormente observarlos y analizarlos estadísticamente e identificar la relación entre la utilidad de la capnometría volumétrica ETCO₂ y el transoperatorio de pacientes que serán intervenidos en colecistectomía por videolaparoscopia. Al tratarse de un procedimiento

clínico rutinario, el diseño observacional permitirá evaluar el fenómeno en condiciones reales y naturales, asegurando que los resultados reflejen el contexto clínico habitual en el Hospital Nacional San Rafael durante el periodo de junio a julio de 2025.

4.4.2 TÉCNICA E INSTRUMENTACIÓN

La técnica empleada en esta investigación será la observación estructurada directa en pacientes que serán intervenidos quirúrgicamente por colecistectomía videolaparoscopia, a los cuales se les registrará de forma sistemática y objetiva las variables clínicas definidas durante el acto quirúrgico. Esta técnica permitirá recopilar datos sin intervenir en el entorno, ni alterar la conducta de los profesionales de salud ni el desarrollo del procedimiento quirúrgico.

El investigador y observador se ubicará en el quirófano, manteniendo una posición que no interfiera con el equipo quirúrgico ni anestésico, para observar y registrar en tiempo real los parámetros fisiológicos obtenidos a través del monitor de anestesia que cuente con capnografía volumétrica. Esto asegura la precisión y eficacia de los datos recolectados, reduciendo al mínimo el riesgo de errores de interpretación o sesgos retrospectivos.

Principalmente, se recogerán datos generales del paciente, como la información demográfica y clínica, incluyendo la edad, sexo, clasificación ASA, duración de cirugía, diagnóstico y tipo de cirugía.

Seguidamente, se observarán y registrarán los siguientes parámetros: valores de ETCO₂ (inicio, promedio, mínimo, máximo), frecuencia cardíaca, presión arterial sistólica y diastólica, saturación de oxígeno, cambios o ajustes en la ventilación mecánica, duración de la anestesia y del procedimiento quirúrgico y presencia o ausencia de eventos adversos transoperatorios relacionados con alteraciones ventilatorias, entre otros.

Cabe destacar, que se tomará como instrumento una guía de observación que se realizará con cada paciente para poder obtener respuestas a las interrogantes planteadas sobre el problema del estudio.

4.5 PROCEDIMIENTO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Principalmente, se identificarán a los pacientes que cumplan con los criterios de inclusión establecidos anteriormente, excluyendo a aquellos que no cumplan con los criterios o presenten condiciones que pueden interferir con el estudio.

Se colocará un sensor en el cual se ubica una línea de ETCO₂ que utiliza una técnica de absorción de infrarrojos (IR) para controlar el CO₂. El principio se basa en que las moléculas de CO₂ absorben la energía de la luz infrarroja en longitudes de onda específicas, y la cantidad de energía absorbida está directamente relacionada con la concentración de CO₂. Cuando el haz de luz IR pasa a través de una muestra de gas que contiene CO₂, se puede obtener una señal electrónica del fotodetector. Es así, como se registrarán continuamente los parámetros de la capnometría volumétrica al final de la espiración.

Se documentarán todos los valores volumétricos del ETCO₂ al final de la espiración en el transoperatorio de cada paciente observado, así mismo, se registrarán los parámetros hemodinámicos, tales como: Hipotensión, taquicardia y arritmias. Posteriormente, se utilizará un formulario estandarizado para asegurar una documentación sistemática y precisa de todos los datos y eventos relevantes.

4.6 RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica que se utilizará para la recolección de datos es la observación a través de un capnómetro, para analizar la relación entre la capnometría volumétrica y el transoperatorio en pacientes ASA I y II que serán intervenidos en colecistectomía por videolaparoscopia.

La población en el estudio estará comprendida por 30 pacientes que cumplan con los criterios de inclusión. Se evaluará la utilidad de la capnometría volumétrica como parámetro para el transoperatorio de la muestra en estudio. Los pacientes que conformarán el estudio serán monitoreados y evaluados en cuanto a sus signos vitales antes, durante y después de la inducción de la anestesia general, y posteriormente serán intervenidos quirúrgicamente.

Una vez obtenidos los datos a través de la guía de observación, se recopilarán y tabularán en tablas, las cuales representarán la frecuencia absoluta y la frecuencia relativa de cada uno de

los parámetros para la evaluación del estudio. Estos datos se presentarán utilizando distintos tipos de gráficos, los cuales se mostrarán posteriormente.

4.7 PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos serán obtenidos según la información de la guía de observación y serán tabulados utilizando métodos estadísticos informativos simples. Estos métodos permitirán la tabulación, recolección y análisis de datos extraídos de la muestra seleccionada de pacientes. Los datos serán agrupados y procesados a través de una hoja de cálculo, que contendrá valores y medidas para cada variable.

Los resultados se presentarán mediante cuadros, gráficas y métodos estadísticos simples. Para la obtención de la frecuencia relativa (FR %), se utilizará la siguiente fórmula:

$$\mathbf{FR=n \times 100/N}$$

donde:

- FR = Frecuencia Relativa (Resultado).
- n = Representa el número de casos observados.
- N = Representa el total de la muestra.

Se multiplicará n (número de casos observados) por 100% y luego se dividirá el resultado entre N (total de la muestra). Al realizar esta operación, se obtendrá el porcentaje de la frecuencia en estudio.

CAPÍTULO

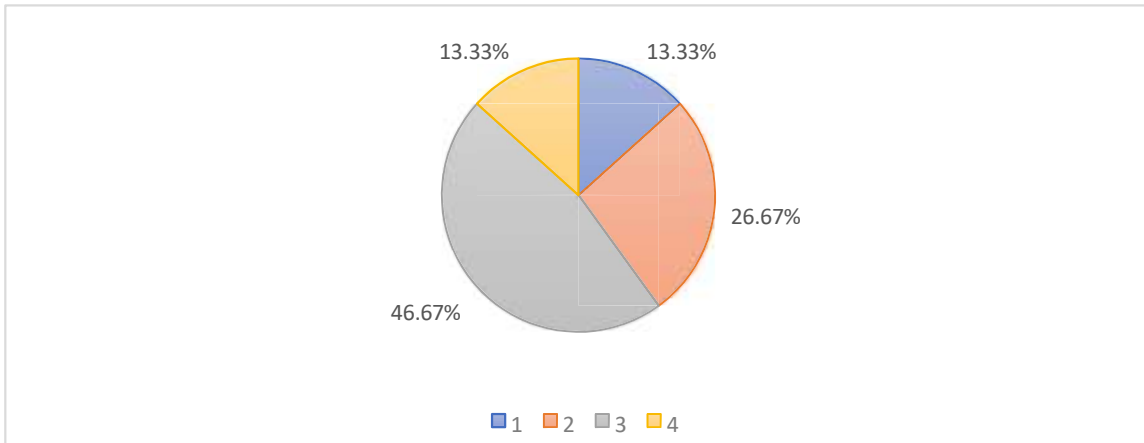
V

5.0 ANÁLISIS DE DATOS

TABLA N°1: DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LOS PACIENTES SEGÚN SUS EDADES

EDAD DEL PX		
EDADES	Fa	PORCENTAJE
36-45	4	13.33%
46-50	8	26.67%
51-55	14	46.67%
56-60	4	13.33%
TOTAL	30	100%

GRÁFICA NO. 1



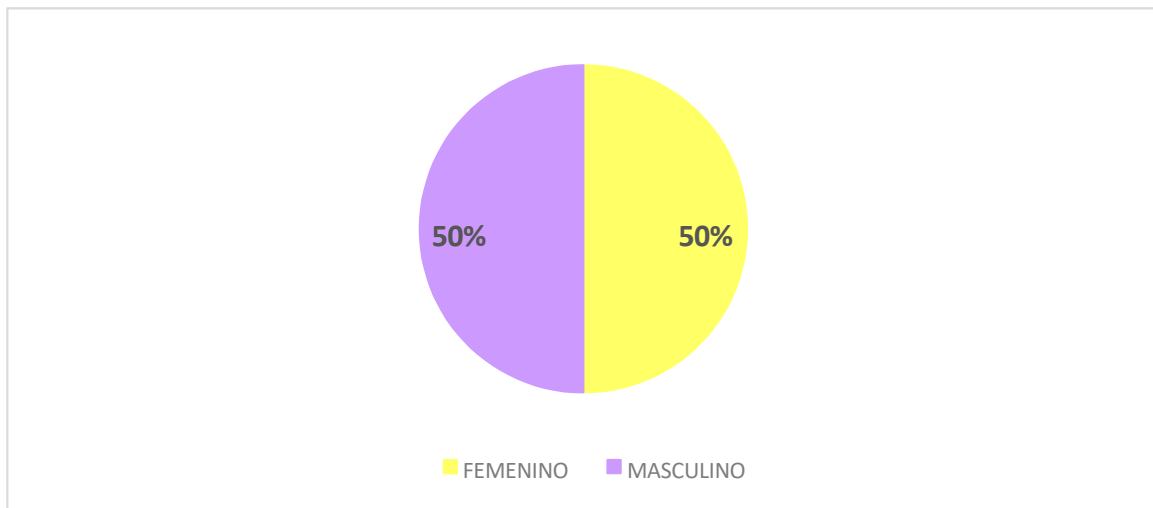
La edad más frecuente fue de 51-55 años, con 14 pacientes (46.67%), seguida de las edades de 46-50 años, con 8 pacientes (26.67%). La mayoría de los pacientes se concentra en el rango de 51 a 55 años, lo que sugiere que el grupo etario medio y alto dentro del rango de inclusión (46–55 años) fue el más representado.

Solo una minoría (4 pacientes, 13.33%) se encontraba por debajo de los 36 años, lo que indica que los casos de colecistectomía videolaparoscópica electiva en esta muestra se presentaron predominantemente en adultos mayores de 50. Esto coincide con lo esperado, ya que los trastornos biliares como la colelitiasis suelen aumentar su prevalencia con la edad, especialmente a partir de los 40 años, en ambos sexos.

TABLA N°2: DISTRIBUCIÓN DE LOS PACIENTES SEGÚN SU GENERO

GENERO DEL PX		
SEXO	Fa	PORCENTAJE
FEMENINO	15	50.00%
MASCULINO	15	50.00%
TOTAL	30	100%

GRÁFICA NO. 2



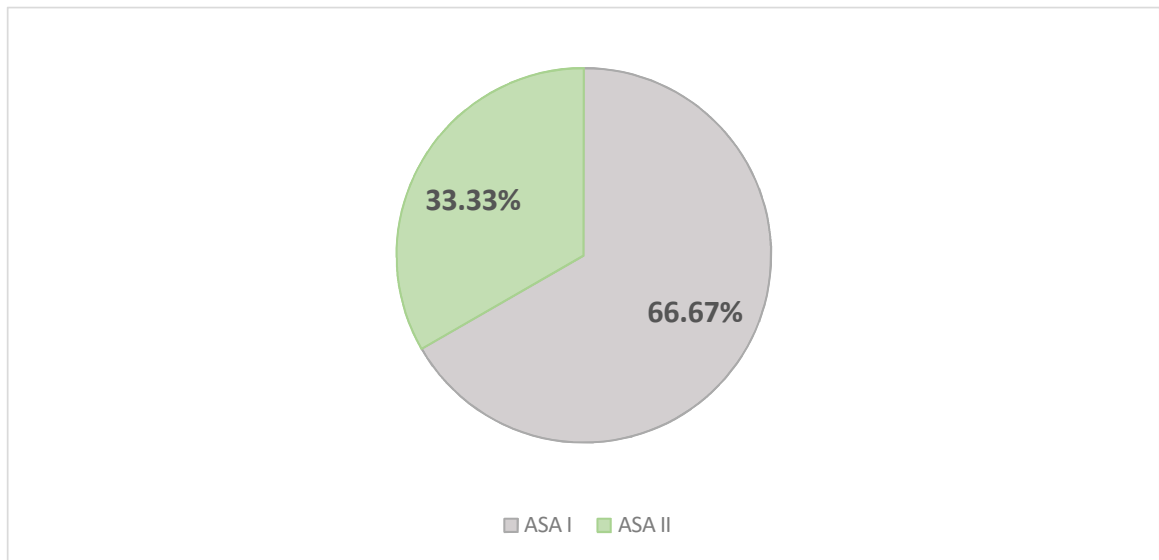
La muestra estudiada presenta una distribución equitativa por género, con un 50% de pacientes femeninos y 50% masculinos. Este equilibrio en la representación de ambos sexos permite realizar un análisis sin sesgo de género, lo cual fortalece la validez interna de los resultados, especialmente cuando se pretende evaluar el efecto del uso de la capnometría volumétrica ETCO₂ sin que las variables biológicas propias de un género predominen sobre otro.

La igual proporción de pacientes femeninos y masculinos en la muestra brinda un punto de partida metodológicamente robusto para la evaluación objetiva del uso de la capnometría volumétrica ETCO₂. Esta distribución evita que los hallazgos se vean influenciados por un predominio de género, asegurando una interpretación más generalizable dentro del rango etario y condiciones clínicas establecidas.

TABLA N°3: DISTRIBUCIÓN DE LOS PACIENTES SEGÚN SU ASA

CLASIFICACIÓN ASA		
TIPO	Fa	PORCENTAJE
ASA I	20	66.67%
ASA II	10	33.33%
TOTAL	30	100%

GRÁFICA NO. 3



La mayoría de los pacientes (66.67%) fueron clasificados como ASA I, lo que indica que eran individuos sanos, sin comorbilidades sistémicas. Y el 33.33% restante correspondió a pacientes ASA II, es decir, personas con enfermedad sistémica leve o controlada (como hipertensión leve, obesidad moderada o diabetes sin complicaciones).

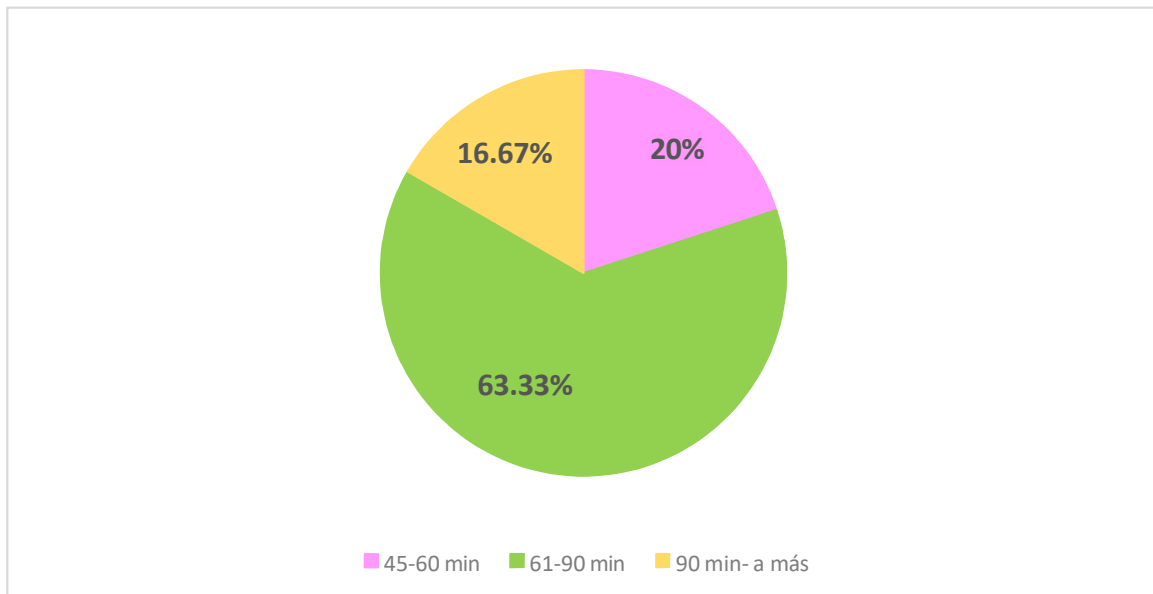
Esta distribución muestra que los procedimientos quirúrgicos fueron realizados en una población de bajo riesgo anestésico, lo cual es coherente con la elección del tipo de intervención, que suele indicarse en pacientes programados y estables.

En este contexto, la implementación de la capnometría volumétrica ETCO₂ como técnica de monitoreo ventilatorio cobra importancia no solo como medida preventiva, sino también como recurso de precisión intraoperatoria, aun en pacientes sin enfermedades graves. Permite detectar alteraciones sutiles que podrían pasar desapercibidas con métodos convencionales.

TABLA N°4: DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DE CIRUGÍA

TIEMPO DE CIRUGÍA		
TIEMPO	Fa	PORCENTAJE
45-60 min	6	20.00%
61-90 min	19	63.33%
91 min-A MÁS	5	16.67%
TOTAL	30	100%

GRÁFICA NO. 4



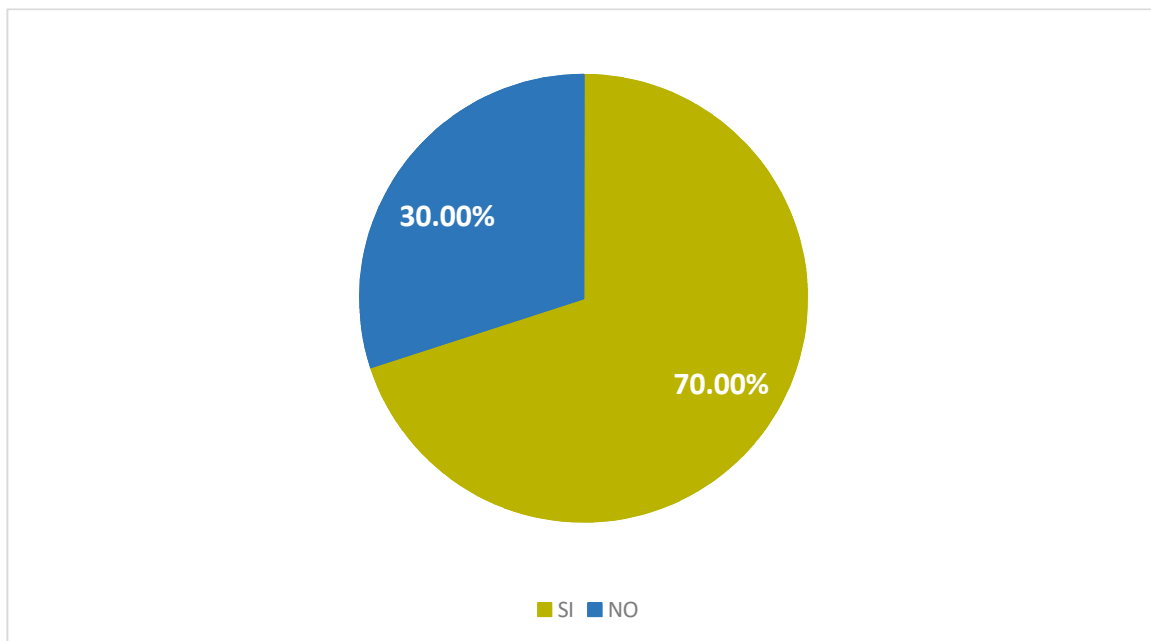
La mayoría de las cirugías (63.33%) tuvieron una duración entre 61 y 90 minutos, lo cual se considera un rango típico para colecistectomía videolaparoscópica electiva, un 20% de las intervenciones fueron más breves, con un tiempo quirúrgico de 45 a 60 minutos, posiblemente reflejando procedimientos sin complicaciones o con mayor experiencia del equipo quirúrgico y el 16.67% restante superó los 91 minutos, lo que podría estar asociado a casos con mayor complejidad, dificultades intraoperatorias o necesidad de mayor precisión y cuidado durante la intervención.

Esta variabilidad en el tiempo operatorio es importante para el análisis del uso de la capnometría volumétrica, ya que la duración de la cirugía puede influir en el comportamiento ventilatorio y en la necesidad de ajustes en la ventilación mecánica.

TABLA N°5: USO DE LÍNEA DE CAPNOMETRÍA

USO DE LÍNEA DE CAPNOMETRÍA		
SE USO	Fa	PORCENTAJE
SI	21	70.00%
NO	9	30.00%
TOTAL	30	100%

GRÁFICA NO. 5



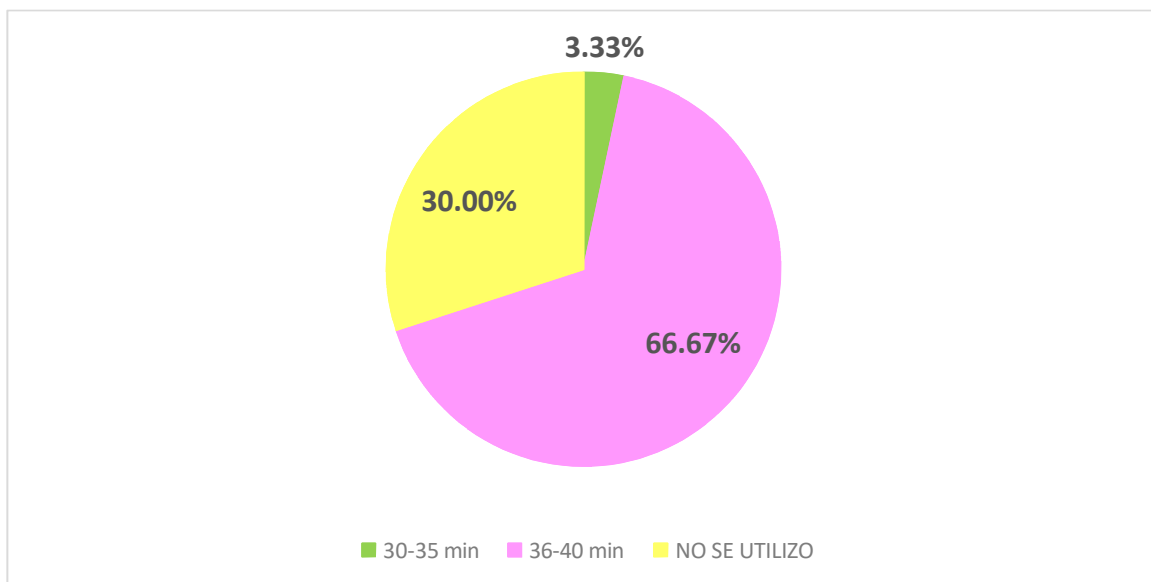
El 70% de los pacientes fueron monitoreados con línea de capnometría durante la cirugía, lo que indica que la mayoría de los procedimientos incluyeron esta técnica para la medición continua de $ETCO_2$ y el 30% restante no usó línea de capnometría, lo que podría deberse a limitaciones técnicas, decisiones clínicas o disponibilidad de equipos.

El uso mayoritario de la línea de capnometría evidencia su relevancia en el monitoreo ventilatorio intraoperatorio, ayudando a detectar y corregir posibles alteraciones en la ventilación y oxigenación en tiempo real; comparando esta variable con otros datos como eventos de hipercapnia o ajustes a la ventilación, puede ofrecerse un panorama más completo sobre la efectividad y aplicabilidad práctica de la capnografía volumétrica en el contexto quirúrgico.

TABLA N°6: VALOR INICIAL DE ETCO2

VALOR INICIAL DE ETCO2		
VALOR	Fa	PORCENTAJE
30-35 mmHg	1	3.33%
36-40 mmHg	20	66.67%
NO SE UTILIZO	9	30.00%
TOTAL	30	100%

GRÁFICA NO. 6



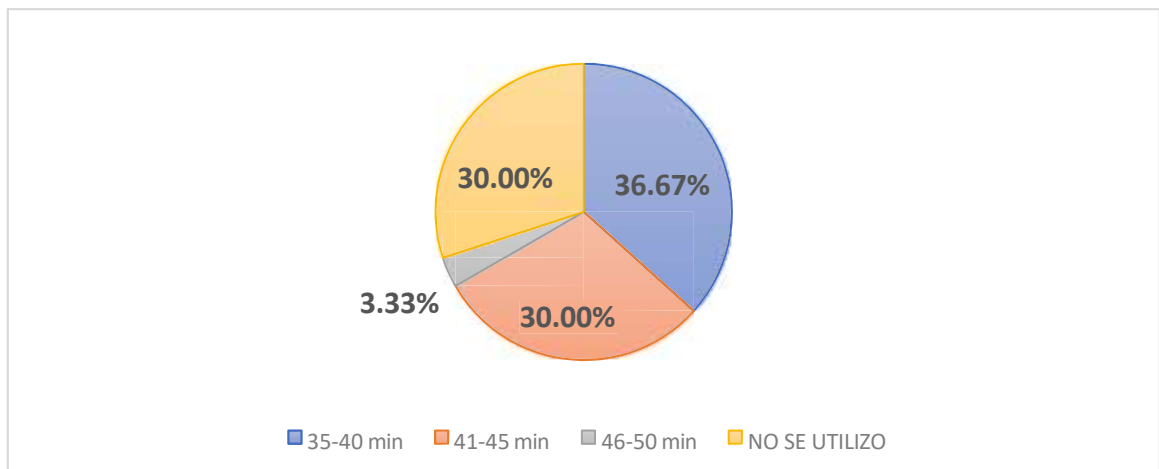
El 66.67% de los pacientes presentaron un valor inicial de ETCO₂ entre 36 y 40 mmHg, lo que se considera dentro de un rango normal para pacientes bajo ventilación mecánica durante cirugía, reflejando un buen estado ventilatorio inicial, solo un paciente (3.33%) tuvo un valor inicial entre 30 y 35 mmHg, que puede ser un valor levemente bajo pero aún dentro de rangos aceptables y un 30% de los casos no se utilizó la medición de ETCO₂ inicial, posiblemente debido a que no se colocó la línea de capnometría o por limitaciones técnicas.

La ausencia de datos en un porcentaje significativo indica la necesidad de mejorar la implementación del monitoreo capnográfico para obtener un registro más completo y fiable en todos los pacientes.

TABLA N°7: VALOR PICO DE ETCO2 DURANTE EL PROCEDIMIENTO

VALOR PICO DE ETCO2		
VALOR	Fa	PORCENTAJE
35-40 mmHg	11	36.67%
41-45 mmHg	9	30.00%
46-50 mmHg	1	3.33%
NO SE UTILIZO	9	30.00%
TOTAL	30	100%

GRÁFICA NO. 7

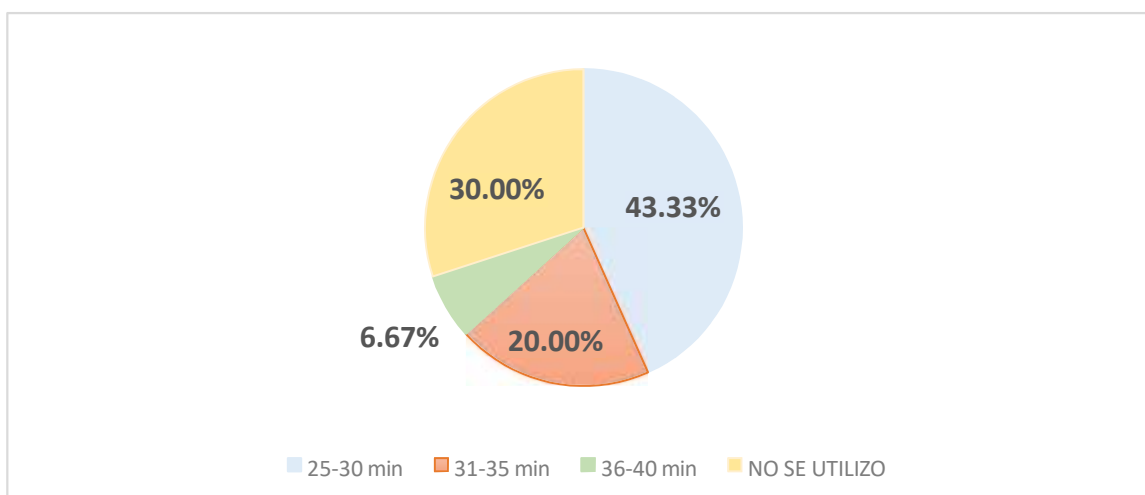


El 36.67% de los pacientes alcanzaron un valor pico de ETCO₂ entre 35 y 40 mmHg, lo cual es un rango normal-alto dentro de la ventilación mecánica, indicando adecuada eliminación de CO₂ en la mayoría de casos, un 30% presentó valores pico entre 41 y 45 mmHg, ligeramente más elevados, que pueden reflejar una leve retención de CO₂ o un ajuste ventilatorio durante la cirugía, solo un paciente (3.33%) tuvo un valor pico entre 46 y 50 mmHg, valor que podría indicar un incremento significativo del CO₂, que requiere atención y manejo para evitar hipercapnia y un 30% de los casos no se utilizó la medición de ETCO₂ pico, posiblemente asociado a la no implementación del monitoreo capnográfico en esos procedimientos.

La distribución de los valores indica que la mayoría de pacientes mantiene ETCO₂ en un rango aceptable, aunque algunos presentan valores altos que pueden ser relevantes para la toma de decisiones clínicas.

TABLA N°8: VALOR MÍNIMO DE ETCO₂ DURANTE EL PROCEDIMIENTO

VALOR MÍNIMO DE ETCO ₂		
VALOR	Fa	PORCENTAJE
25-30 mmHg	13	43.33%
31-35 mmHg	6	20.00%
36-40 mmHg	2	6.67%
NO SE UTILIZO	9	30.00%
TOTAL	30	100%

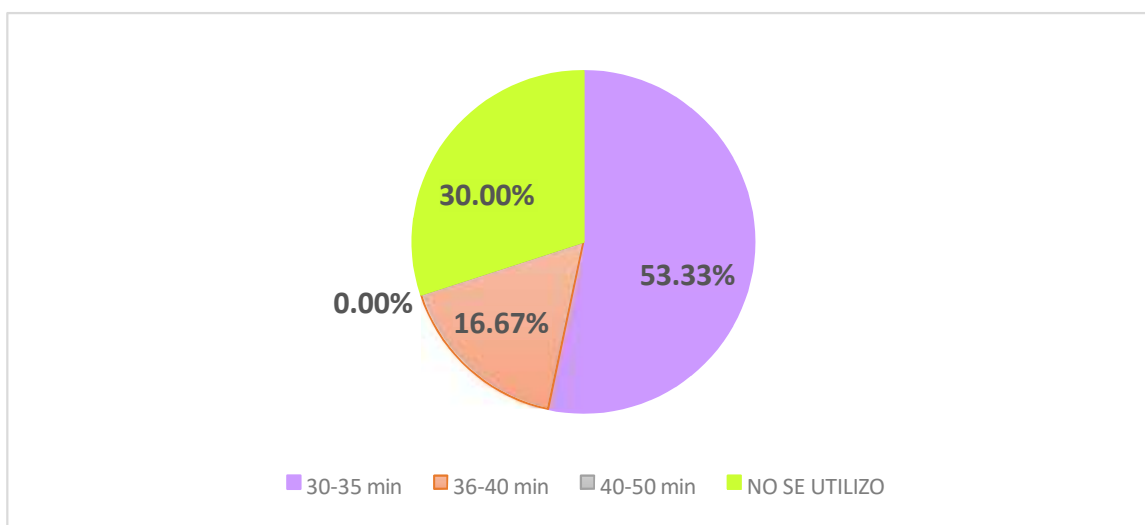
GRÁFICA NO. 8

El 43.33% de los pacientes presentó un valor mínimo de ETCO₂ entre 25 y 30 mmHg, lo cual indica niveles relativamente bajos de dióxido de carbono al final de la espiración, que pueden ser normales o reflejar hipocapnia leve durante ciertos momentos del procedimiento, un 20% tuvo valores mínimos entre 31 y 35 mmHg, considerados dentro del rango normal o ligeramente bajo, un pequeño grupo, el 6.67%, presentó valores mínimos entre 36 y 40 mmHg, lo que sugiere un mantenimiento de niveles más altos de ETCO₂ sin descenso significativo y un 30% de los casos no se utilizó la medición de ETCO₂ mínima, lo que limita la evaluación completa y el monitoreo efectivo del paciente.

Los valores mínimos muestran que algunos pacientes experimentaron descensos de ETCO₂, lo cual puede estar asociado a ajustes ventilatorios o condiciones intraoperatorias que afectan la ventilación.

TABLA N°9: VALOR PROMEDIO DE ETCO₂ DURANTE EL PROCEDIMIENTO

VALOR PROMEDIO DE ETCO₂		
VALOR	Fa	PORCENTAJE
30-35 mmHg	16	53.33%
36-40 mmHg	5	16.67%
40-50 mmHg	0	0.00%
NO SE UTILIZO	9	30.00%
TOTAL	30	100%

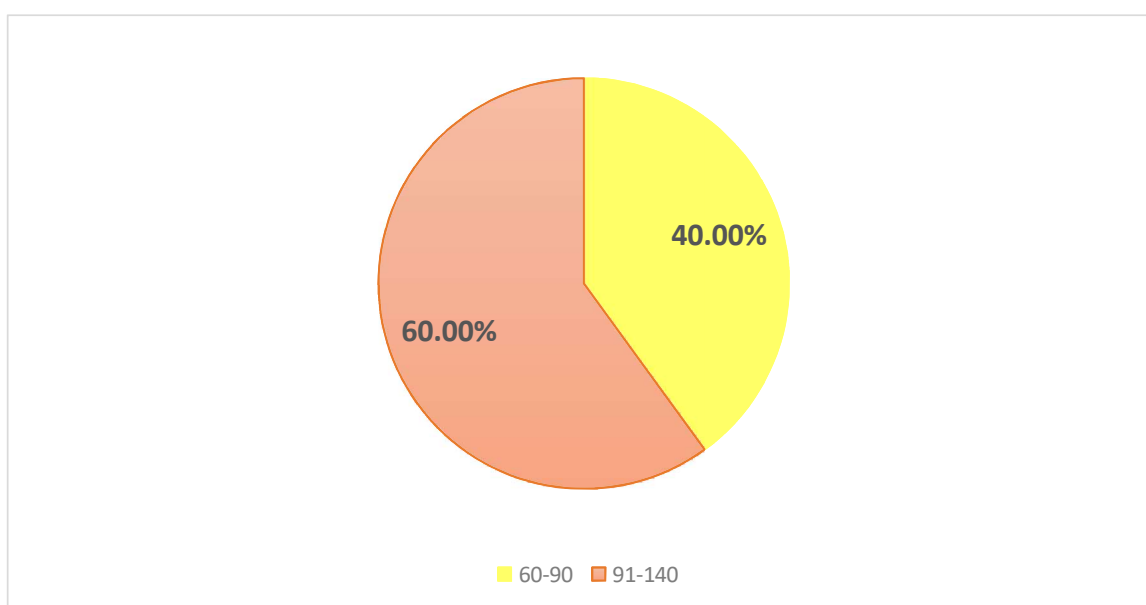
GRÁFICA NO. 9

La mayoría de los pacientes (53.33%) mantuvieron un valor promedio de ETCO₂ entre 30 y 35 mmHg, lo cual se considera dentro de un rango fisiológico aceptable, aunque puede indicar una ligera tendencia a la hipocapnia (niveles bajos de CO₂), especialmente si se acerca al límite inferior, el 16.67% mostró promedios entre 36 y 40 mmHg, lo que corresponde a un rango más adecuado y seguro desde el punto de vista ventilatorio.

No se registró ningún paciente con un promedio superior a 40 mmHg, lo cual sugiere una ausencia de hipercapnia sostenida durante los procedimientos. Es importante destacar que en el 30% de los casos no se utilizó capnografía volumétrica, lo que representa una limitación para el monitoreo continuo y podría afectar la capacidad de detectar desequilibrios ventilatorios de forma oportuna.

TABLA N°10: VALOR DE PRESIÓN ARTERIAL SISTÓLICA (mmHg)

VALOR DE PRESIÓN SISTÓLICA		
VALOR	Fa	PORCENTAJE
60-90	12	40.00%
91-140	18	60.00%
TOTAL	30	100%

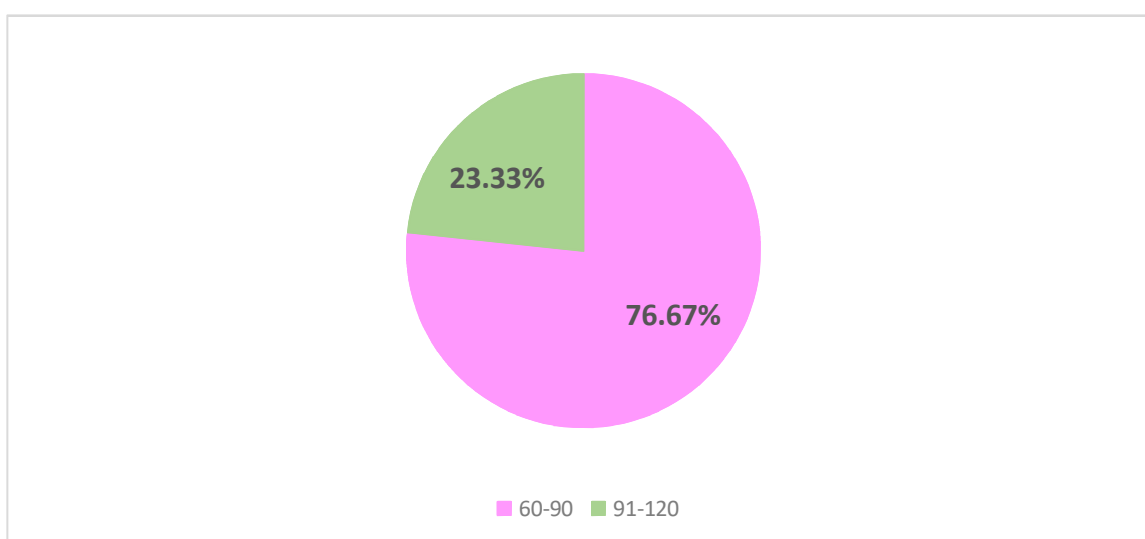
GRÁFICA NO. 10

El 60% de los pacientes presentó presión arterial sistólica entre 91 y 140 mmHg, lo cual indica una tendencia a la elevación tensional durante el procedimiento quirúrgico, posiblemente asociada a factores como estímulos quirúrgicos, respuesta al dolor, anestesia insuficiente o ansiedad intraoperatoria y el 40% restante mantuvo niveles dentro del rango normotenso (60–90 mmHg), lo cual es deseable durante el acto quirúrgico para asegurar una buena perfusión sin riesgo de sobrecarga hemodinámica.

Cabe destacar que no se observaron cifras por debajo de 60 mmHg ni superiores a 140 mmHg, lo que sugiere que no se presentaron eventos de hipotensión o hipertensión severa, aunque un control fino de la presión arterial en el grupo mayoritario con tensiones altas sigue siendo esencial.

TABLA N°11: VALOR DE PRESIÓN ARTERIAL DIASTÓLICA (mmHg)

VALOR DE PRESIÓN DIASTÓLICA		
VALOR	Fa	PORCENTAJE
60-90	23	76.67%
91-120	7	23.33%
TOTAL	30	100%

GRÁFICA NO. 11

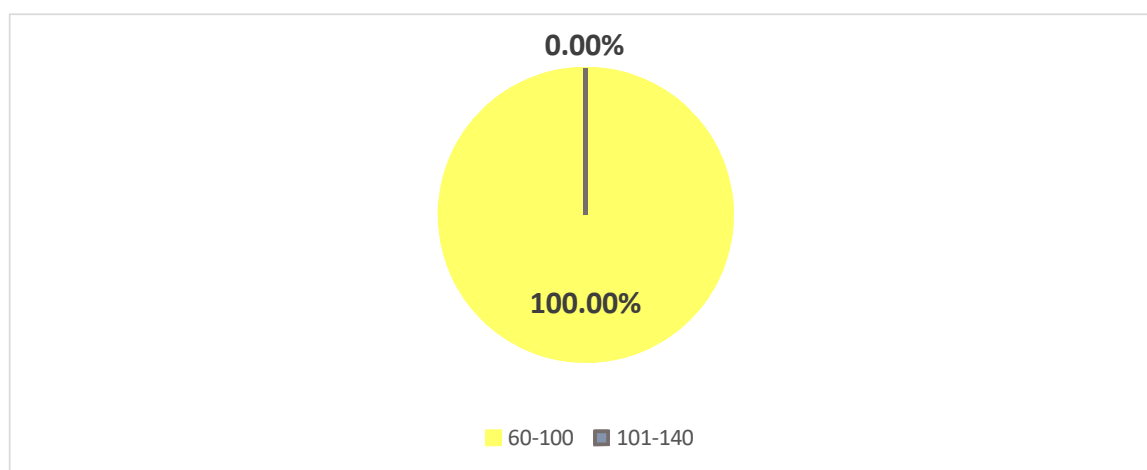
El 76.67% de los pacientes presentó cifras de presión arterial diastólica entre 60 y 90 mmHg, consideradas dentro del rango normodiastólico, lo que indica un adecuado control tensional en la mayoría de los procedimientos y el 23.33% restante presentó cifras elevadas (91–120 mmHg), sugiriendo una tendencia a diastólicas altas, lo cual puede estar relacionado con respuestas adrenérgicas al estímulo quirúrgico, insuficiente profundidad anestésica o ansiedad intraoperatoria.

No se registraron casos con valores inferiores a 60 mmHg, por lo que no se identificaron eventos de hipotensión diastólica en esta muestra.

TABLA N°12: VALORES DE FRECUENCIA CARDÍACA

VALORES DE FRECUENCIA CARDÍACA		
VALOR	Fa	PORCENTAJE
60-100	30	100.00%
101-140	0	0.00%
TOTAL	30	100%

GRÁFICA NO. 12



El 100% de los pacientes presentaron valores de frecuencia cardíaca dentro del rango normal (60 a 100 latidos por minuto), lo cual es un indicativo de estabilidad hemodinámica durante el transoperatorio. Ningún paciente presentó taquicardia (frecuencia cardíaca >100 lpm), lo que sugiere que las condiciones intraoperatorias fueron adecuadamente controladas y que no hubo indicios de estrés quirúrgico significativo, hipoxia o hipercapnia severa.

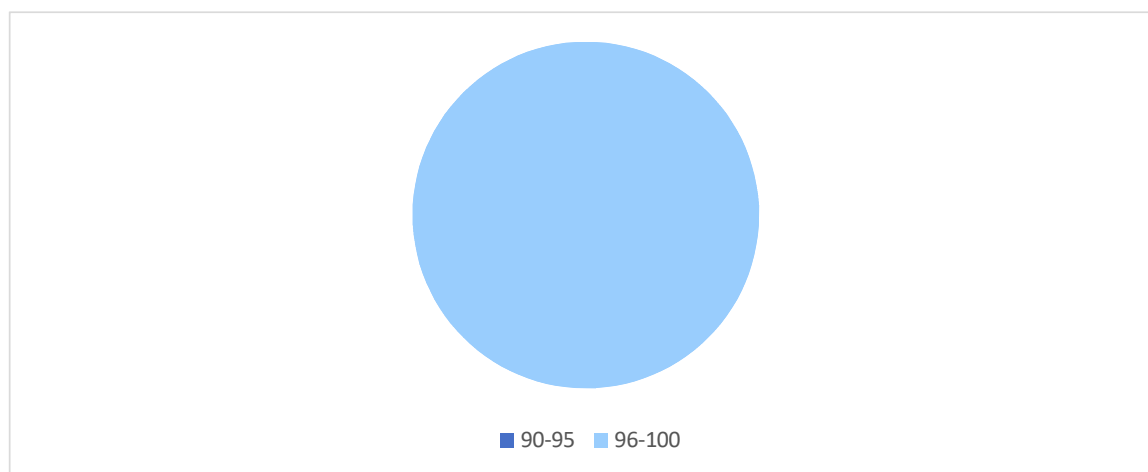
Estos resultados son coherentes con el uso adecuado de la capnografía volumétrica ETCO₂, la cual permite una monitorización efectiva del intercambio gaseoso y del estado ventilatorio, contribuyendo así al mantenimiento de parámetros fisiológicos dentro de los rangos esperados.

La totalidad de los pacientes evaluados se mantuvo dentro del rango fisiológico esperado de frecuencia cardíaca, lo que respalda la hipótesis de que la capnografía volumétrica ETCO₂ es una herramienta útil en el monitoreo transoperatorio, favoreciendo la estabilidad del paciente.

TABLA N°13: VALORES EN SATURACIÓN DE OXIGENO

VALORES EN SATURACIÓN DE OXIGENO		
VALOR	Fa	PORCENTAJE
90-95	0	0.00%
96-100	30	100.00%
TOTAL	30	100%

GRÁFICA NO. 13



El 100% de los pacientes mantuvieron una saturación de oxígeno entre 96% y 100%, lo cual representa un nivel óptimo de oxigenación durante el transoperatorio. Cabe destacar, que no se registraron casos con saturación entre 90% y 95%, lo que indica ausencia de hipoxemia (baja oxigenación) en todos los participantes.

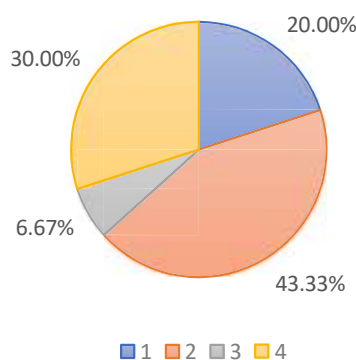
Este resultado sugiere que la oxigenación fue adecuadamente mantenida durante todo el procedimiento quirúrgico, reflejando una ventilación efectiva. La efectividad del monitoreo mediante capnografía volumétrica $ETCO_2$ probablemente contribuyó al mantenimiento de estos valores, al permitir ajustes precisos y oportunos en la ventilación mecánica.

La utilización de la capnografía volumétrica $ETCO_2$ se muestra, así como un recurso clínico útil para asegurar una ventilación eficiente, favoreciendo la oxigenación y contribuyendo a la seguridad del paciente quirúrgico.

TABLA N°14: TIEMPO DE USO DE CAPNOMETRÍA DURANTE EL PROCEDIMIENTO QUIRURGICO

TIEMPO DE USO DE CAPNOMETRÍA		
VALOR	Fa	PORCENTAJE
45-60 min	6	20.00%
61-90 min	13	43.33%
91 min – A MÁS	2	6.67%
NO SE UTILIZO	9	30.00%
TOTAL	30	100%

GRÁFICA NO. 14



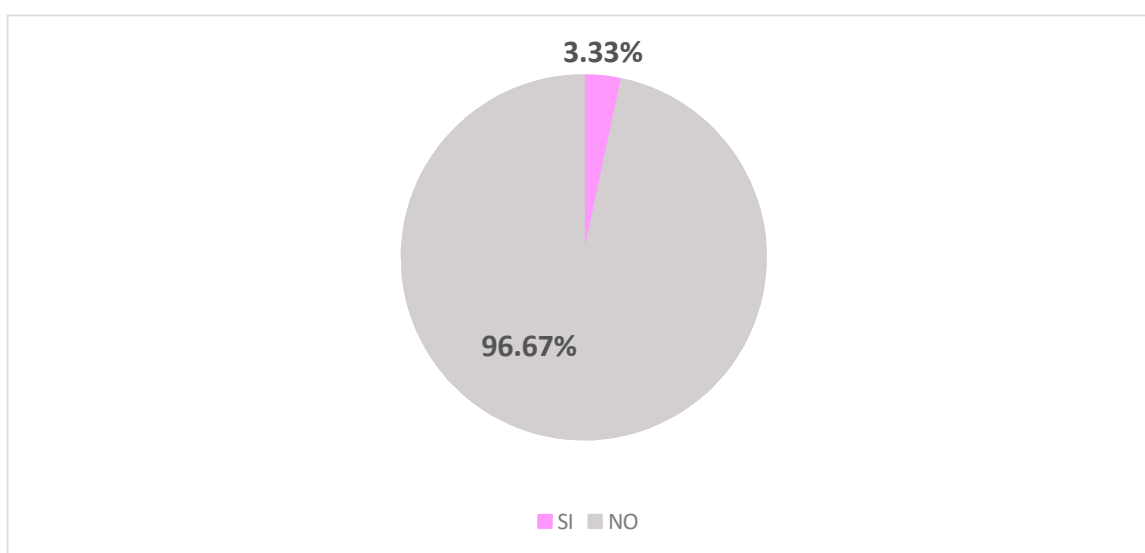
La mayoría de los procedimientos (43.33%) contaron con uso de capnometría entre 61 y 90 minutos, lo que indica un tiempo moderado y clínicamente adecuado de monitorización. Así también, un 20% de los pacientes fueron monitoreados por períodos de 45 a 60 minutos, mientras que el 6.67% fueron monitoreados por más de 91 minutos, lo cual puede estar relacionado con la duración del procedimiento quirúrgico y la complejidad anestésica.

Sin embargo, se destaca que en 9 pacientes (30.00%) no se utilizó capnometría volumétrica, lo que representa una limitación en la estandarización del monitoreo transoperatorio, especialmente considerando que se trata de un estudio centrado en su evaluación. Esta variabilidad en el tiempo de uso y la omisión en casi una cuarta parte de los casos podría influir en la comparación de resultados clínicos relacionados con la estabilidad respiratoria y hemodinámica.

TABLA N°15: EVENTOS DE HIPERCAPNIA EXISTENTES DURANTE EL PROCEDIMIENTO

EVENTOS DE HIPERCAPNIA		
VALOR	Fa	PORCENTAJE
SI	1	3.33%
NO	29	96.67%
TOTAL	30	100%

GRÁFICA NO. 15



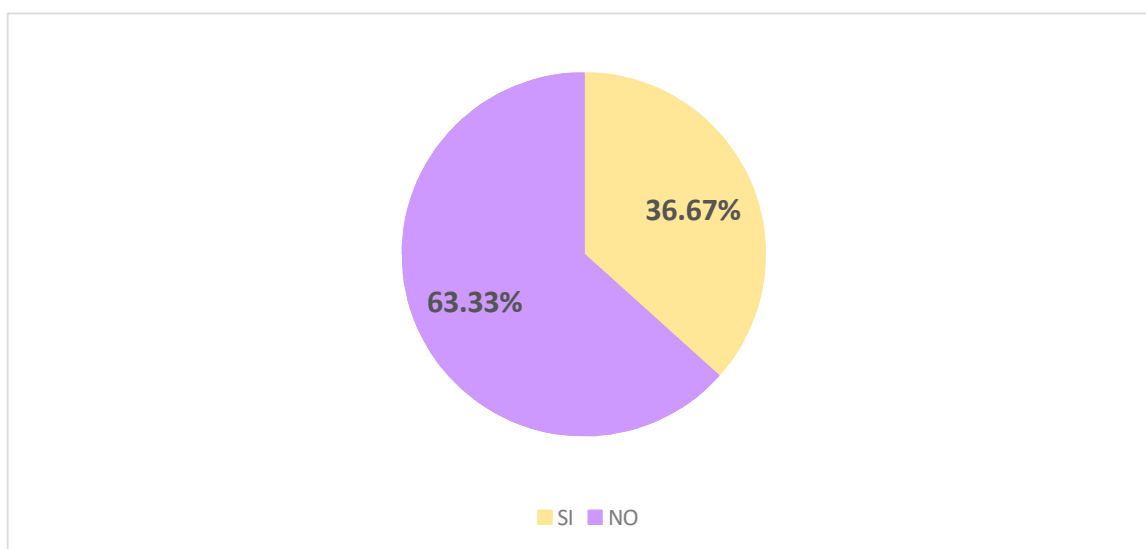
Se registró solo un caso (3.33%) de hipercapnia durante el transoperatorio, mientras que el 96.67% de los pacientes no presentó alteraciones en los niveles de dióxido de carbono al final de la espiración. La baja incidencia de hipercapnia evidencia un control efectivo de la ventilación en la gran mayoría de los procedimientos, lo cual puede atribuirse al uso de la capnografía volumétrica ETCO₂ como herramienta de monitoreo respiratorio continuo.

La detección oportuna del único caso de hipercapnia puede considerarse un ejemplo del valor clínico de esta tecnología, ya que permite intervenir rápidamente para corregir alteraciones en la eliminación del CO₂, reduciendo así riesgos anestésicos. Estos datos refuerzan la importancia de implementar la capnografía como parte de la vigilancia estándar, sobre todo en procedimientos laparoscópicos donde puede haber mayor retención de CO₂ debido al neumoperitoneo.

TABLA N°16: EVENTOS DE HIPOCAPNIA EXISTENTES DURANTE EL PROCEDIMIENTO

EVENTOS DE HIPOCAPNIA		
VALOR	Fa	PORCENTAJE
SI	11	36.67%
NO	19	63.33%
TOTAL	30	100%

GRÁFICA NO. 16



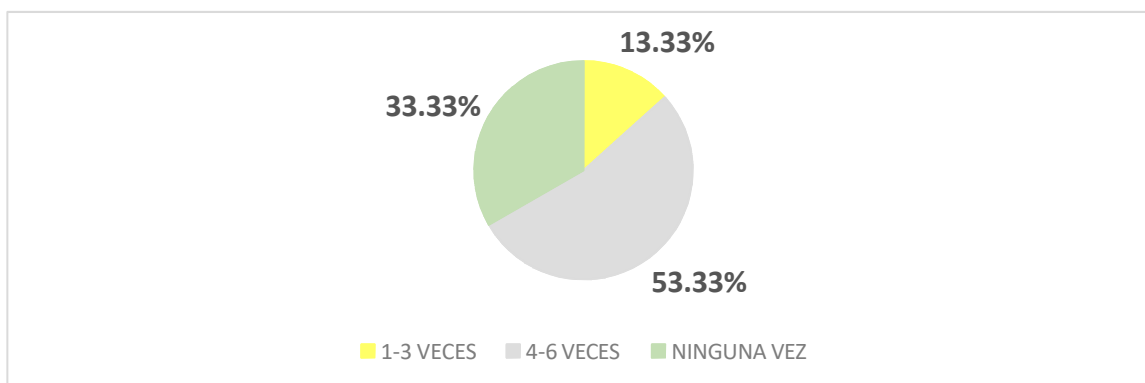
Se identificaron 11 casos de hipocapnia (36.67%), es decir, una reducción del CO_2 al final de la espiración por debajo de los valores normales, lo cual representa una proporción considerable de los pacientes estudiados. La hipocapnia transoperatoria puede ser consecuencia de una ventilación excesiva (hiperventilación), ya sea espontánea o inducida mecánicamente, lo cual puede disminuir la presión parcial de CO_2 en sangre (PaCO_2).

Aunque el 63.33% de los pacientes no presentó alteraciones, la frecuencia de eventos de hipocapnia detectados sugiere la importancia crítica del monitoreo continuo con capnografía volumétrica, que permite identificar oportunamente este tipo de desequilibrio fisiológico. En contextos quirúrgicos como la colecistectomía videolaparoscópica, donde se emplea neumoperitoneo, la dinámica ventilatoria puede verse alterada, favoreciendo la hipocapnia si no se ajustan adecuadamente los parámetros del ventilador.

TABLA N°17: NÚMERO DE AJUSTES A LA VENTILACIÓN MECÁNICA DURANTE EL PROCEDIMIENTO

AJUSTES DE VENTILACIÓN		
VALOR	Fa	PORCENTAJE
VOLUMEN TIDAL	4	13.33%
FRECUENCIA RESPIRATORIA	16	53.33%
NINGUNA VEZ	10	33.33%
TOTAL	30	100%

GRÁFICA NO. 17



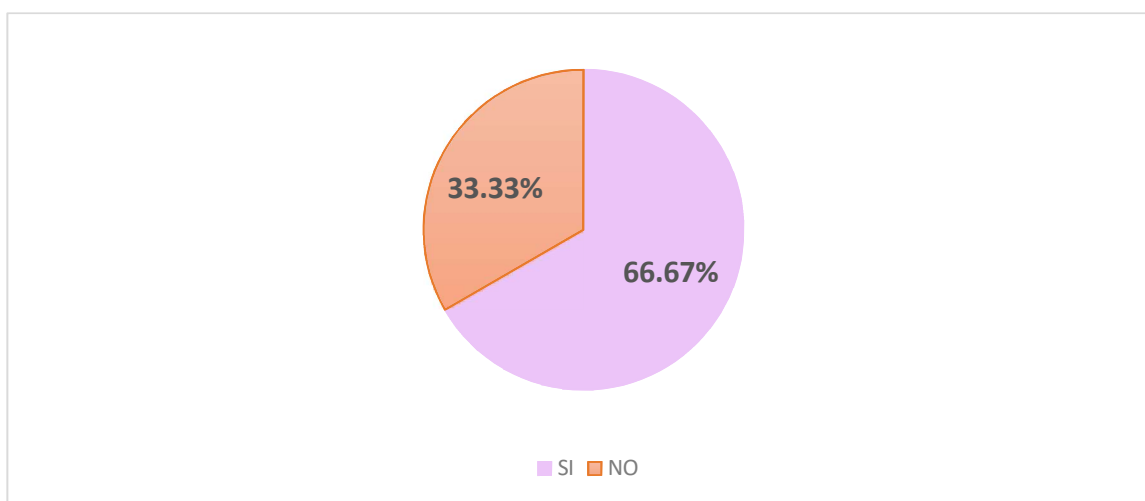
En el 53.33% de los procedimientos (16 casos) se realizaron entre 4 y 6 ajustes a la ventilación mecánica, lo que sugiere una monitorización activa y constante de los parámetros respiratorios durante la cirugía, y solo en 4 casos (13.33%) se realizaron de 1 a 3 ajustes, mientras que en 10 pacientes (33.33%) no fue necesario realizar modificaciones.

Este patrón evidencia que la mayoría de los pacientes requirieron modificaciones ventilatorias, probablemente como respuesta a los valores obtenidos a través del monitoreo con capnometría volumétrica ETCO_2 . Los ajustes frecuentes pueden interpretarse como una respuesta clínica adecuada a las variaciones fisiológicas intraoperatorias, permitiendo mantener una ventilación eficaz y prevenir alteraciones como hipercapnia o hipocapnia.

Por otro lado, el grupo que no requirió ajustes podría corresponder a procedimientos de menor duración o a pacientes con buena estabilidad respiratoria desde el inicio.

TABLA N°18: ALTERACIONES VENTILATORIAS O HEMODINÁMICAS

ALTERACIONES VENTILATORIAS		
VALOR	Fa	PORCENTAJE
PRESIÓN ARTERIAL	20	66.67%
FRECUENCIA CARDÍACA	10	33.33%
TOTAL	30	100%

GRÁFICA NO. 18

En 20 de los 30 pacientes (66.67%) se presentaron alteraciones ventilatorias o hemodinámicas durante el transoperatorio, lo cual representa un índice significativo que sugiere la existencia de descompensaciones fisiológicas frecuentes en este tipo de procedimientos.

Solo un 33.33% de los pacientes no presentó ninguna alteración, lo cual indica que la mayoría requirió intervención o vigilancia más estricta. Estas alteraciones pueden estar relacionadas con múltiples factores, tales como: cambios en la presión intraabdominal por el neumoperitoneo, variaciones en la respuesta al CO₂ retenido o eliminado y efectos de los anestésicos en el gasto cardíaco o la resistencia vascular sistémica.

En este contexto, el uso de capnometría volumétrica ETCO₂ se convierte en una herramienta clave para anticipar y corregir tempranamente dichos desequilibrios, brindando información útil sobre la ventilación alveolar, el volumen corriente y la eficacia del intercambio gaseoso.

CAPÍTULO

VI

6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

En base al análisis de datos recolectado y cumpliendo con los principios que posee el método científico, el equipo investigador concluye lo siguiente:

1. La capnometría volumétrica es una herramienta avanzada de monitorización respiratoria, al graficar la concentración de CO₂ frente al volumen exhalado, proporciona información más detallada que la capnografía convencional (tiempo vs. CO₂), ya que permite analizar tanto la ventilación alveolar como el espacio muerto.
2. La utilidad en la ventilación mecánica permite ajustar de forma más específica el volumen tidal y la PEEP en ventilación mecánica, optimizando la relación ventilación-perfusión y evitando tanto hipoventilación como sobredistensión alveolar.
3. Se observó como la ventilación de soporte adaptativo nos brinda una detección temprana de cambios tanto hemodinámicos como respiratorios y alteraciones en la forma de la curva o en el valor del espacio muerto anatómico pueden evidenciar hipotensión, embolismo, broncoespasmo o atelectasia antes de que se manifiesten en gases arteriales.
4. La capnometría volumétrica es un método no invasivo y continuo al no requerir punciones arteriales, ofrece un monitoreo constante, y en algunos casos sustituyendo la gasometría arterial para seguimiento de la ventilación y el metabolismo.
5. Una correcta interpretación de la capnometría volumétrica requiere una lectura y observación minuciosa, así como el conocimiento de la morfología normal y patológica de las tres fases de la curva. Esta interpretación debe considerar además la influencia de la mecánica ventilatoria, la perfusión y el metabolismo del paciente, con el fin de obtener un análisis preciso y clínicamente útil.
6. En conjunto, los resultados obtenidos confirman que el uso de la capnometría volumétrica de ETCO₂ al final de la espiración constituye una herramienta útil para evaluar con precisión la eficiencia o ineficiencia ventilatoria y el estado cardiorrespiratorio del paciente. Esta información facilita la toma de decisiones clínicas y la implementación de estrategias ventilatorias óptimas durante el transoperatorio.

6.2 RECOMENDACIONES

De acuerdo con las conclusiones mencionadas anteriormente y como grupo de investigación se recomienda lo siguiente:

1. Se recomienda incorporar esta herramienta en la monitorización respiratoria transoperatoria no solo como un método adicional, sino como parte de un enfoque integral que permita detectar alteraciones ventilatorias tempranas.
2. Los resultados muestran que la capnometría volumétrica permite ajustar de forma más precisa el volumen tidal y la PEEP. Se recomienda utilizar estos datos para personalizar los parámetros ventilatorios, evaluando continuamente la relación ventilación-perfusión y minimizando el riesgo de hipoventilación o sobredistensión alveolar, lo que puede repercutir directamente en la recuperación postoperatoria.
3. La interpretación detallada de la curva permite identificar eventos clínicos antes de que se manifiesten en mediciones convencionales o gases arteriales. Se sugiere que el personal clínico adopte protocolos de alerta basados en la morfología de la curva y el espacio muerto anatómico, fortaleciendo la toma de decisiones anticipada y la prevención de complicaciones graves como embolismo o broncoespasmo.
4. Dado que la capnometría volumétrica es continua y no invasiva, se recomienda evaluar su utilización para reducir la frecuencia de punciones arteriales, especialmente en pacientes estables. Esto permitiría un monitoreo constante del estado ventilatorio y metabólico, mejorando la eficiencia clínica y reduciendo riesgos asociados a procedimientos invasivos.
5. Se recomienda diseñar programas de formación que no solo enseñen a leer la curva, sino que integren el análisis de la mecánica ventilatoria, perfusión y metabolismo.
6. Se sugiere que el hospital desarrolle protocolos estandarizados que incorporen la capnometría volumétrica ETCO₂ en la práctica quirúrgica. Esto permitirá que la evidencia generada localmente sirva para optimizar estrategias ventilatorias, fortalecer la seguridad del paciente y establecer un modelo replicable para futuras investigaciones y evaluaciones de calidad institucional.

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Beauchamp RD, Higgins MS. Seguridad del paciente quirúrgico. En: Townsend Jr CM, Beauchamp RD, Evers M, Mattox KL Editores. Sabiston Tratado de cirugía, Fundamentos biológicos de la práctica quirúrgica moderna. Madrid: Elsevier España; 2013. P. 201-07
2. John Henry Moore, Alberto Roa, Mauricio Girón, Álvaro Sanabria, Colectomía Laparoscópica ambulatoria: modelo de programa costo-eficiente de cirugía laparoscópica, SCIELO, 2004, Vol. 19 No.1
3. LUIS A. RAMOS GOMEZ // SALVADOR BENITO VALES. LIBRO FUNDAMENTOS DE LA VENTILACION MECANICACAPITULO 10 MONITORIZACION DURANTE LA VENTILACION MECANICA PAGINA 130-131
4. Neumayer L, Vargo D. Principios de cirugía preoperatoria y operatoria. En: Townsend Jr CM, Beauchamp RD, Evers M, Mattox KL Editores. Sabiston Tratado de cirugía, Fundamentos biológicos de La práctica quirúrgica moderna. Madrid: Elsevier España; 2013. P. 211-63
5. SAGES. Guidelines for the clinical application of Laparoscopic biliary tract surgery 2010.
6. Disponible En: <http://www.sages.org/publications/guidelines/guidelines-for-the-clinical-application-of-laparoscopic-Biliary-tract-surgery/>
7. Tortora GJ, Derrickson B. Principios de anatomía y fisiología. 13a ed. Madrid: Médica Panamericana; 2013.
8. William Cristancho Gómez. Libro Fundamentos de la fisioterapia respiratoria y Ventilación Mecánica Capitulo 6 pag 95-96

9. Ximena Cediél, MD • David Rebellón, MD • Yaset Caicedo, MD • Yardany Méndez, MD ENFOQUE DEL PACIENTE CRÍTICO Y VENTILACIÓN MECÁNICA PARA NO EXPERTOS CAPITULO 9 PAG 185-188
10. Ximena Cediél, MD • David Rebellón, MD • Yaset Caicedo, MD • Yardany Méndez, MD ENFOQUE DEL PACIENTE CRÍTICO Y VENTILACIÓN MECÁNICA PARA NO EXPERTOS CAPITULO 6 PAG 137.143

ANEXOS

ANEXO 1: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD
LICENCIATURA EN ANESTESIOLOGÍA E INHALOTERAPIA



GUÍA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Objetivo: Recopilar datos demográficos, fisiológicos y clínicos sobre el uso de la capnometría volumétrica ETCO₂ para evaluar su utilidad durante el transoperatorio de pacientes intervenidos quirúrgicamente por colecistectomía videolaparoscopia.

Sección I: Datos Generales del Paciente

1. Edad del paciente: _____
 2. Sexo del paciente:
 Masculino
 Femenino
 3. Clasificación ASA:
 ASA I
 ASA II
 4. Tipo de cirugía: _____
 5. Duración de cirugía: _____
-

Sección II: Parámetros Intraoperatorios

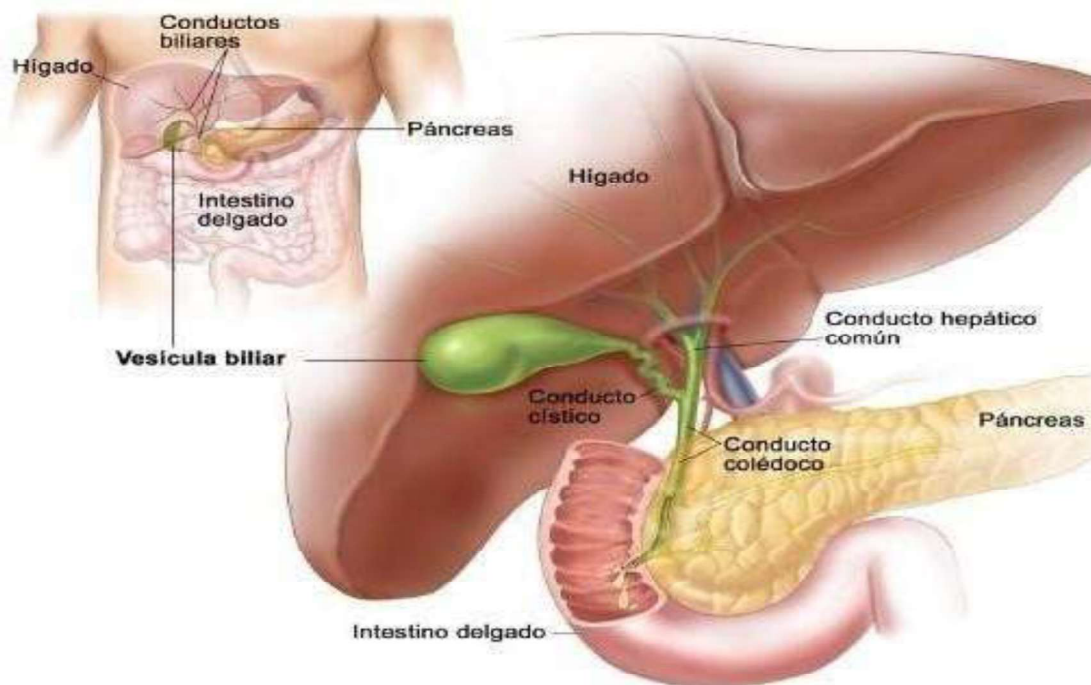
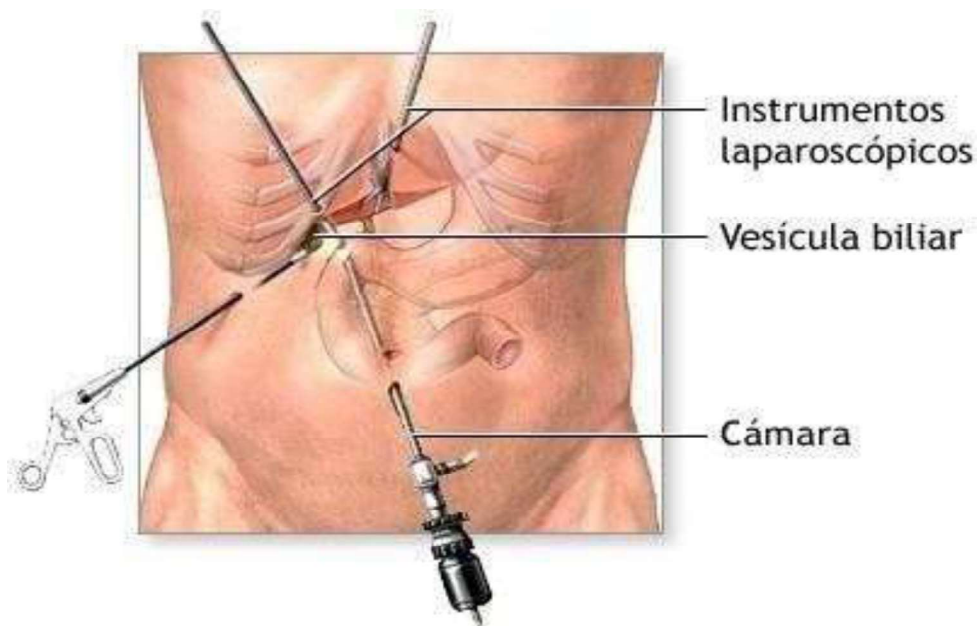
4. ¿Se utilizó línea de capnometria?
- Sí
- No
5. Valor inicial de ETCO₂ (mmHg): _____
6. Valor pico de ETCO₂ durante el procedimiento (mmHg): _____
7. Valor mínimo de ETCO₂ (mmHg): _____
8. Promedio de ETCO₂ en el procedimiento (mmHg): _____
9. Valor de presión arterial (mmHg): _____
10. Frecuencia cardíaca (lpm): _____
11. Saturación de oxígeno (SpO₂%): _____
12. Tiempo total de uso de la línea de capnometria en procedimiento quirúrgico: _____
13. ¿Hubo eventos de hipercapnia (ETCO₂ > 45 mmHg)?
- No
- Sí – Número de eventos: _____
14. ¿Hubo eventos de hipocapnia (ETCO₂ < 30 mmHg)?
- No
- Sí – Número de eventos: _____
15. Número de veces que se ajustó la ventilación mecánica por variaciones del ETCO₂:
- _____
-

Sección III: Evaluación Clínica

21. ¿El monitoreo de ETCO₂ permitió anticipar alteraciones ventilatorias o hemodinámicas?

Sí

No

ANEXO 2: ANATOMÍA DE LA VESÍCULA BILIAR.**ANEXO 3: COLECISTECTOMÍA POR VIDEOLAPAROSCOPIA.**

ANEXO 4: CAPNOMETRÍA VOLUMÉTRICA EN PACIENTES.



