

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



EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA ADMINISTRACIÓN DE CO₂ SOBRE LA HEMODINÁMICA Y LA FUNCIÓN RESPIRATORIA DURANTE LA CIRUGÍA COLECISTECTOMÍA LAPAROSCOPICA, EN PACIENTES ASA I Y II ENTRE 30 A 60 AÑOS DE EDAD, EN EL HOSPITAL NACIONAL GENERAL “ENFERMERA ANGÉLICA VIDAL DE NAJARRO”, SAN BARTOLO, EN EL PERÍODO DE JUNIO A JULIO DE 2025.

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN ANESTESIOLOGÍA E INHALOTERAPIA

PRESENTADO POR

CLARA IVETH FLAMENCO ZELAYA

DIANA GUADALUPE SANDOVAL LEMUS

ASESOR

LIC. LUIS EDUARDO RIVERA SERRANO

CIUDAD UNIVERSITARIA, “DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA”, AGOSTO 2025.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
AUTORIDADES**

RECTOR
MSC. JUAN ROSA QUINTANILLA

VICERRECTORA ACADÉMICA
DRA. EVELYN BEATRIZ FARFÁN

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO
MSC. ROGER ARIAS

SECRETARIO GENERAL
LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CISNEROS

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE MEDICINA

DECANO
DR. SAUL DIAZ

VICEDECANO
LIC. FRANKLIN MÉNDEZ

SECRETARIO
MSC. ROBERTO HERNANDEZ

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 GARCÍA

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de esta tesis.

En primer lugar, agradecemos a nuestro asesor de tesis, Licenciado Luis Eduardo Rivera, por su guía, paciencia y valiosos consejos a lo largo de este proceso. Su apoyo y experiencia han sido fundamentales para la culminación de este trabajo.

Nuestra gratitud especialmente a los participantes del estudio, cuyo compromiso y colaboración hicieron posible obtener los datos necesarios para este trabajo.

A mi familia y amigos, por su apoyo incondicional, comprensión y motivación en los momentos difíciles. Sin su respaldo, esto no habría sido posible.

Finalmente, agradezco a todas las personas e instituciones que, de alguna manera, contribuyeron con su apoyo y confianza en este proyecto.

¡Gracias a todos por hacer realidad este sueño!

CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	6
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA	9
1.3 JUSTIFICACIÓN	10
1.4 OBJETIVOS.....	11
1.4.1 Objetivo General.....	11
1.4.2 Objetivos Específicos.....	11
CAPÍTULO II.....	12
2. MARCO TEÓRICO	13
2.1 DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	13
2.1.1 CÓMO LLEGA EL DIÓXIDO DE CARBONO AL AIRE.....	13
2.1.2 EL DIÓXIDO DE CARBONO, USOS Y APLICACIONES	14
2.1.3 USO EN MEDICINA	15
2.2 FUNCIÓN Y ESTRUCTURA DEL SISTEMA RESPIRATORIO	16
2.2.1 Intercambio de gases.....	16
2.2.2 Equilibrio ácido-básico	17
2.2.3 Fonación	17
2.2.4 Mecanismos de defensa pulmonar	17
2.2.5 ESTRUCTURA DEL SISTEMA RESPIRATORIO	18
2.2.6 MÚSCULOS DE LA RESPIRACIÓN	19
2.2.7 QUIMIORRECEPTORES CENTRALES Y PERIFERICOS DE CO ₂	21
2.3 ANATOMÍA FISIOLÓGICA DEL APARATO CARDIOVASCULAR.....	24
2.3.1 Corazón.....	24
2.3.2 Sistema de vasos sanguíneos y linfáticos	25
2.3.3 Presión de perfusión.....	26
2.4 COLECISTECTOMÍA LAPAROSCOPICA.....	27
2.4.1 ANATOMÍA LAPAROSCÓPICA	30
2.4.2 EXPOSICIÓN DE LA VESÍCULA BILIAR Y EL PEDÍCULO CÍSTICO	31
2.4.3 SEPARACIÓN DEL CONDUCTO CÍSTICO DE LA ARTERIA CÍSTICA	32
2.4.4 ENGRAPADO Y DIVISIÓN DEL CONDUCTO CÍSTICO	32
2.4.5 ENGRAPADO Y DIVISIÓN DE LA ARTERIA CÍSTICA	33
2.4.6 COLANGIOGRAMA OPERATORIO.....	33

2.4.6 DISECCIÓN DE LA VESÍCULA BILIAR DEL LECHO HEPÁTICO.....	35
2.4.7 EXTRACCIÓN DE LA VESÍCULA BILIAR	35
2.4.7 COLECISTECTOMÍA POR TRES PORTALES.....	36
2.4.8 FINALIZACIÓN DE LA OPERACIÓN	37
2.4.9 CUIDADO POSTOPERATORIO	37
2.5 PRINCIPIOS TÉCNICOS FUNDAMENTALES EN LA COLESCISTECTOMÍA LAPAROSCOPICA	38
2.5.1 Dificultades o situaciones específicas	39
CAPÍTULO III	41
3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	42
CAPÍTULO IV	44
4. DISEÑO METODOLÓGICO.....	45
4.1 TIPO DE ESTUDIO.....	45
4.2 POBLACIÓN, MUESTRA Y TIPO DE MUESTREO	45
4.2.1 Universo o población de estudio.....	45
4.2.2 Muestra.....	45
4.2.3 Tipo de Muestreo.....	45
4.3 MÉTODO, TÉCNICA E INSTRUMENTO	46
4.3.1 Método.....	46
4.3.2 Técnica	46
4.3.3 Instrumento.....	46
4.4 PROCEDIMIENTO DEL PROYECTO DE INVESTIGACION	47
4.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS	47
4.5.1 Consideraciones Éticas	47
4.5.2 Plan de tabulación y análisis de datos	47
4.5.3 Plan de tabulación y análisis	48
CAPÍTULO V.....	49
5.1 ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	50
CAPÍTULO VI	72
6.1 CONCLUSIÓN.....	73
6.2 RECOMENDACIONES.....	74
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	75
GLOSARIO.....	76
ANEXOS.....	78

RESUMEN

El Hospital Nacional General “Enfermera Angélica Vidal de Najarro” realiza de forma rutinaria colecistectomías laparoscópicas, procedimiento que requiere insuflación de CO₂ para crear el neumoperitoneo. Aunque este gas es seguro por su solubilidad y baja toxicidad, puede ocasionar alteraciones hemodinámicas y respiratorias durante el intraoperatorio. En pacientes ASA I y II, considerados de bajo riesgo, se han observado cambios en presión arterial, frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno e intercambio gaseoso. Sin embargo, en este hospital no existía información sistematizada sobre dichos efectos en pacientes de 30 a 60 años. Por ello, se planteó evaluar de manera objetiva la respuesta fisiológica al CO₂ para optimizar protocolos anestésicos y garantizar una atención quirúrgica más segura.

La investigación se realizó mediante el método de observación científica, registrando directamente los fenómenos durante la cirugía. La técnica utilizada fue la observación directa y una entrevista preoperatoria, enfocada en identificar cambios hemodinámicos y respiratorios en el transoperatorio. El instrumento aplicado fue una guía de observación, donde se consignaron los parámetros clínicos: frecuencia cardíaca, presión arterial, saturación de oxígeno y niveles de CO₂.

En este estudio se evaluó los efectos de la administración de CO₂ durante colecistectomías laparoscópicas. Se evidenció que el neumoperitoneo produce variaciones hemodinámicas y respiratorias significativas, aunque dentro de rangos fisiológicos en pacientes sin comorbilidades. Factores individuales como edad, sexo e índice de masa corporal influyen en la magnitud de la respuesta. Los resultados destacan la importancia de una vigilancia intraoperatoria cuidadosa y la adaptación del manejo anestésico y quirúrgico a cada paciente para garantizar mayor seguridad.

Palabras Claves

CO₂, hemodinámica, función respiratoria, presión arterial, frecuencia cardíaca

INTRODUCCIÓN

El dióxido de carbono (CO₂) es un componente fundamental en la regulación de la función respiratoria y en el mantenimiento del equilibrio ácido-base del cuerpo. Sin embargo, su administración controlada también puede alterar la hemodinámica y la función respiratoria en situaciones médicas específicas. La administración de dióxido de carbono (CO₂) durante las cirugías laparoscópicas, como las colecistectomías, es fundamental para proporcionar un campo quirúrgico adecuado al permitir la expansión del abdomen. La insuflación de CO₂ puede desencadenar efectos sobre la hemodinámica y la función respiratoria que deben ser cuidadosamente monitoreados durante el procedimiento. En este tipo de intervenciones, el gas insuflado puede incrementar la presión intra abdominal, lo que, a su vez, altera la circulación venosa y arterial, y puede modificar la ventilación pulmonar. A pesar de que el CO₂ se elimina rápidamente del cuerpo después de la cirugía, durante el procedimiento se presentan cambios hemodinámicos y respiratorios que pueden influir en el bienestar del paciente, especialmente en aquellos con comorbilidades o condiciones preexistentes.

Este trabajo se enfocó en evaluar cómo la administración de CO₂ en la colecistectomía laparoscópica puede afectar los parámetros hemodinámicos como la presión arterial y el gasto cardíaco, frecuencia respiratoria y la oxigenación.

La investigación estructuralmente está conformada de la siguiente manera:

Capítulo I: Planteamiento del problema, enunciado, objetivos generales y específicos, además de la justificación de la investigación.

Capítulo II: Marco teórico en el cual se detallarán cada uno de los aspectos importantes para realizar la investigación entre los cuales se destaca el conocimiento de la administración de CO₂.

Capítulo III: Operacionalización de variables, se describen los indicadores y las dimensiones que se medirán durante la investigación

Capítulo IV: Diseño metodológico, en el cual se determina el tipo de estudio de la investigación, la población seleccionada y muestra a estudiar, además el método a utilizar para la extracción de la muestra.

CAPÍTULO

I

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Hospital Nacional General “Enfermera Angélica Vidal de Najarro”, San Bartolo, está ubicado en el Centro Urbano San Bartolo Séptima Etapa, Boulevard San Bartolo y Calle Meléndez, Contiguo a Zona Franca, San Bartolo, Ilopango, San Salvador.

Dicho hospital esta categorizado de “segundo nivel”, cuenta con diversos servicios hospitalarios como lo conforman la división medica quirúrgica: unidad de emergencia, departamento de cirugía, centro quirúrgico, departamento de ginecología y obstetricia, ortopedia, unidad de anestesiología, departamento de enfermería, departamento de laboratorio clínico, departamento de radiología e imágenes y departamento de pediatría. El centro hospitalario cuenta con tres quirófanos centrales, de los cuales dos son utilizados para cirugías electivas y uno para cirugías de emergencia.

La colecistectomía laparoscópica es uno de los procedimientos quirúrgicos más comunes en la práctica médica moderna, y su realización requiere la creación de un neumoperitoneo mediante la insuflación de dióxido de carbono (CO₂). Aunque este gas es el más utilizado por su alta solubilidad y baja toxicidad, su administración no está exenta de efectos sobre la hemodinámica y la función respiratoria del paciente, especialmente durante el intraoperatorio.

En pacientes clasificados como ASA I y II, considerados generalmente sanos o con enfermedades sistémicas leves, se espera una respuesta fisiológica adecuada ante los cambios inducidos por la cirugía. Sin embargo, diversos estudios sugieren que la insuflación de CO₂ puede generar alteraciones significativas en parámetros como la presión arterial, la frecuencia cardíaca, la saturación de oxígeno y el intercambio gaseoso pulmonar, lo que podría comprometer la seguridad y estabilidad del paciente durante la intervención.

En el Hospital Nacional General “Enfermera Angélica Vidal de Najarro”, San Bartolo, se realizan a diario este tipo de procedimientos del cual no se cuenta con suficiente información sistematizada sobre los efectos hemodinámicos y respiratorios asociados al uso de CO₂ en este tipo de cirugías, particularmente en pacientes de entre 30 y 60 años. Por lo tanto, se hace

necesario evaluar de manera objetiva y controlada los efectos de la administración de CO₂ sobre la hemodinámica y la función respiratoria en este grupo específico de pacientes, con el fin de identificar posibles riesgos, establecer patrones de respuesta fisiológica y contribuir a la mejora de los protocolos anestésicos y garantizar una atención quirúrgica segura y personalizada en el contexto hospitalario local.

1.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

¿Cuáles serán los efectos de la administración de CO₂ sobre la hemodinámica y la función respiratoria de los pacientes ASA I Y II entre 30 a 60 años de edad, en cirugías de colecistectomías laparoscópicas, atendidos en el Hospital Nacional General "Enfermera Angélica Vidal de Najarro", San Bartolo, en el período de Junio a Julio 2025?

1.3 JUSTIFICACIÓN

La colecistectomía laparoscópica es una técnica quirúrgica mínimamente invasiva ampliamente utilizada para el tratamiento de enfermedades de la vesícula biliar. Durante este procedimiento, se emplea la insuflación de dióxido de carbono (CO₂) para crear un neumoperitoneo que permita una adecuada visualización del campo operatorio. Sin embargo, esta práctica puede generar alteraciones fisiológicas significativas, especialmente a nivel hemodinámico y respiratorio, incluso en pacientes aparentemente sanos, clasificados como ASA I y II.

A pesar de que existen estudios internacionales que documentan los efectos del CO₂ durante la laparoscopia, es fundamental contar con datos actualizados y contextualizados a la realidad clínica local. En el Hospital Nacional General “Enfermera Angélica Vidal de Najarro”, no se había realizado una evaluación sistemática sobre estos efectos, lo que representaba una brecha de conocimiento que podía influir en la toma de decisiones anestésicas y quirúrgicas.

Este estudio es relevante porque permitió identificar posibles variaciones en parámetros como la frecuencia cardíaca, presión arterial, saturación de oxígeno y parámetros ventilatorios durante la cirugía. La información obtenida contribuye a mejorar la vigilancia intraoperatoria, ajustar protocolos anestésicos y reducir riesgos asociados al procedimiento, elevando así la calidad de la atención médica.

La investigación fue viable ya que se cuenta con los elementos logísticos del grupo investigador, equipo hospitalario, recurso humano y económico para realizar dicha investigación; fue factible por la disponibilidad de las fuentes de datos y colaboración del personal de la institución para poder realizar dicha investigación.

Es necesario crear nuestros propios protocolos de investigación en la población ingresada en el hospital, ya que sirve para mejorar la calidad de vida y atención que se les brindan a los pacientes, previniendo efectos secundarios por la administración de CO₂.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Evaluación de los efectos causados por la administración de CO₂ sobre la hemodinámica y la función respiratoria durante las cirugías colecistectomías laparoscópicas en pacientes ASA I Y II entre 30 a 60 años en el Hospital Nacional General “Enfermera Angélica Vidal de Najarro”, san bartolo en el período de Junio a Julio.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Comparar los parámetros hemodinámicos entre los distintos momentos del procedimiento (antes, durante y después) asociadas a la insuflación de dióxido de carbono durante para identificar posibles alteraciones fisiológicas relevantes.
2. Evaluar las variaciones en la función respiratoria (frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno y niveles de CO₂ espirado) asociadas a la administración de dióxido de carbono durante el procedimiento quirúrgico.
3. Identificar posibles factores individuales (edad, sexo, índice de masa corporal) que puedan influir en la respuesta hemodinámica y respiratoria a la administración de CO₂ durante la cirugía.

CAPÍTULO

II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas que se encuentra de manera natural en la atmósfera y desempeña un papel crucial en los procesos vitales del planeta. Este gas, también conocido como carbono atmosférico, es fundamental para el ciclo de vida de las plantas ya que es absorbido durante la fotosíntesis para convertirse, mediante un proceso fotoquímico, en carbono en sus estructuras de crecimiento vegetal. Este proceso libera oxígeno a la atmósfera, un gas esencial para la respiración de los seres vivos.

El CO₂ es un gas incoloro, inodoro y no inflamable que se encuentra repartido naturalmente entre la biosfera, la atmósfera, la hidrosfera (constituida por los océanos mayoritariamente) y la litosfera o capa sólida de la superficie terrestre. El equilibrio de su circulación entre estos cuatro reservorios resulta esencial para la vida en la Tierra. En este sentido, el carbono global, es decir, la cantidad total de carbono presente en la Tierra, incluyendo el carbono sólido, como el que se encuentra en los combustibles fósiles, y el carbono atmosférico, es un indicador importante del estado de salud de nuestro planeta.

2.1.1 CÓMO LLEGA EL DIÓXIDO DE CARBONO AL AIRE

Es importante mencionar que no todo el carbono es igual. Existen diferentes formas de este elemento, cada una con sus propias características y efectos.

El carbono sólido es el dióxido de carbono almacenado en suelos y rocas. Puede ser liberado a la atmósfera a través de la erosión y la actividad volcánica modificando la proporción de carbono presente en la Tierra o carbono global. Este incluye también el carbono presente en la atmósfera como en la corteza terrestre, los océanos y los seres vivos. El equilibrio entre estos diferentes tipos de carbono es lo que ayuda a mantener la vida en nuestro planeta.

¹ Kunak, Dióxido de carbono: elemento vital con impacto significativo, 2025, [consultado 25/04/2025], disponible en: <https://kunakair.com/es/dioxido-de-carbono/>

² John E. Hall. Guyton y Hall Tratado de Fisiología Médica. 12^o edición. 2021.

El carbono caliente es una forma de carbono que ha sido sometida a altas temperaturas y presiones, resultando en un material extremadamente resistente y duradero. De manera similar, el carbono comprimido es otra forma de carbono que ha sido sometida a altas presiones, lo que resulta en un material extremadamente denso. Ambas formas de carbono son utilizadas en una variedad de aplicaciones industriales, desde la fabricación de acero hasta la producción de energía.

Por otro lado, el carbono puro es una forma de carbono que no ha sido alterada o mezclada con otros elementos. Este tipo de carbono es muy valorado por su pureza y se utiliza en una variedad de aplicaciones, desde la fabricación de joyas hasta la producción de materiales semiconductores.

Por último, el carbono equivalente es una medida utilizada para comparar las emisiones de diferentes gases de efecto invernadero basándose en su potencial para contribuir al calentamiento global, es fundamental para mitigar el cambio climático.

2.1.2 EL DIÓXIDO DE CARBONO, USOS Y APLICACIONES

Más allá de su papel regulador en el clima global, el dióxido de carbono también tiene una variedad de usos y aplicaciones en la industria. En su estado natural, el dióxido de carbono es un gas difuso. Pero cuando se comprime se convierte en un líquido o sólido supercrítico, dependiendo de la temperatura. Este CO₂ comprimido puede ser utilizado como sustancia indispensable en numerosos procesos industriales y científicos debido a sus propiedades únicas como eliminar impurezas y evitar la oxidación en la industria del acero.

En estado comprimido se utiliza en la producción de alimentos y medicamentos, en la fabricación de bebidas carbonatadas, en la extinción de incendios y en la producción de hielo seco; forma sólida del carbono empleada para refrigerar alimentos y medicamentos y en el aire acondicionado por su eficiencia energética.

¹ Kunak, Dióxido de carbono: elemento vital con impacto significativo, 2025, [consultado 25/04/2025], disponible en: <https://kunakair.com/es/dioxido-de-carbono/>

²John E. Hall. Guyton y Hall Tratado de Fisiología Médica. 12° edición. 2021.

Además, el dióxido de carbono también tiene aplicaciones en el campo de la medicina, donde se utiliza para crear un ambiente controlado en ciertos tipos de cirugías mínimamente invasivas como la laparoscopia o en procedimientos de tratamiento como la crioterapia.

El carbono caliente, a su vez, es una forma de carbono que se ha calentado a extremadamente altas temperaturas y se utiliza en la producción de acero y otros materiales. A nivel molecular, el carbono puro es la base de numerosos compuestos orgánicos, desde los combustibles fósiles hasta transformarse en plásticos y medicamentos.

En el sector energético, el CO₂ comprimido se utiliza en la recuperación mejorada de petróleo y gas. Una técnica que permite extraer más hidrocarburos de los yacimientos de petróleo y gas natural. En la ciencia, el dióxido de carbono comprimido es una herramienta valiosa para el estudio del carbono atmosférico, el carbono global y otros aspectos del ciclo del carbono.

2.1.3 USO EN MEDICINA

El dióxido de carbono (CO₂) se utiliza en medicina como gas de insuflación en cirugías mínimamente invasivas, como laparoscopia, endoscopia y artroscopia, para expandir y estabilizar las cavidades corporales, mejorando la visibilidad del área quirúrgica. También se usa en pruebas de función pulmonar y en la terapia de carboxiterapia, entre otras aplicaciones.

El uso de CO₂ en medicina incluye:

- Insuflación en cirugía mínimamente invasiva:

El CO₂ se utiliza para expandir la cavidad abdominal en cirugías laparoscópicas, lo que facilita la visualización y el acceso a los órganos.

- Pruebas de función pulmonar:

Se mide la concentración de CO₂ en la sangre para evaluar el intercambio de gases en los pulmones.

- Terapia de carboxiterapia:

¹ Kunak, Dióxido de carbono: elemento vital con impacto significativo, 2025, [consultado 25/04/2025], disponible en: <https://kunakair.com/es/dioxido-de-carbono/>

² John E. Hall. Guyton y Hall Tratado de Fisiología Médica. 12^o edición. 2021.

El CO₂ se inyecta subcutáneamente para mejorar la microcirculación y tratar ciertas afecciones estéticas, como la flacidez y la celulitis.

- Láser de CO₂:

En dermatología, el láser de CO₂ se utiliza para tratar arrugas y reducir áreas pigmentadas.

- Otros usos:

El CO₂ también se utiliza en la terapia respiratoria, la crioterapia y como agente de contraste en radiología.

- Importancia en pacientes críticos:

En pacientes críticos, la hipercapnia (niveles altos de CO₂ en sangre) puede tener efectos tanto beneficiosos como perjudiciales, y se están investigando estrategias para optimizar los niveles de PaCO₂.

2.2 FUNCIÓN Y ESTRUCTURA DEL SISTEMA RESPIRATORIO

Las funciones del sistema respiratorio son intercambio de gases, equilibrio ácido-básico, fonación, defensa y metabolismo pulmonares y el manejo de materiales bioactivos.

2.2.1 Intercambio de gases

El intercambio de dióxido de carbono por oxígeno tiene lugar en los pulmones, el aire fresco, que contiene oxígeno, es inspirado hacia los pulmones a través de las vías aéreas de conducción, y las fuerzas necesarias para hacer que el aire fluya son generadas por los músculos respiratorios, que actúan siguiendo órdenes iniciadas por el sistema nervioso central, al mismo tiempo, el ventrículo derecho del corazón bombea hacia los pulmones la sangre venosa que regresa desde los diversos tejidos del cuerpo. Esta sangre venosa mixta tiene contenido alto de dióxido de carbono, y bajo de oxígeno, en los capilares pulmonares, el dióxido de carbono es intercambiado por oxígeno, así, el lado izquierdo del corazón distribuye hacia los tejidos la sangre que sale de los pulmones, y que ahora tiene contenido alto de

¹ Kunak, Dióxido de carbono: elemento vital con impacto significativo, 2025, [consultado 25/04/2025], disponible en: <https://kunakair.com/es/dioxido-de-carbono/>

²John E. Hall. Guyton y Hall Tratado de Fisiología Médica. 12° edición. 2021.

oxígeno y más bajo de dióxido de carbono, finalmente, durante la espiración, el gas con una concentración alta de dióxido de carbono es expulsado del cuerpo.

2.2.2 Equilibrio ácido-básico

En el organismo, los aumentos de dióxido de carbono llevan a incrementos de la concentración de ion hidrógeno (y viceversa) debido a la reacción que sigue:



Por consiguiente, el sistema respiratorio puede participar en el equilibrio ácido-básico al eliminar CO_2 del organismo. El sistema nervioso central tiene sensores para las concentraciones de CO_2 y del ion hidrógeno en la sangre arterial y en el líquido cefalorraquídeo, que envían información hacia los controladores de la respiración.

2.2.3 Fonación

La fonación es la producción de sonidos mediante el movimiento de aire a través de las cuerdas vocales, el habla, el canto y otros sonidos son producidos mediante las acciones de controladores del sistema nervioso central sobre los músculos de la respiración, lo que hace que fluya aire a través de las cuerdas vocales y la boca.

2.2.4 Mecanismos de defensa pulmonar

Cada respiración lleva hacia los pulmones una pequeña muestra del ambiente atmosférico local, esto puede incluir microorganismos como bacterias, polvo, partículas de sílice o asbesto, gases tóxicos, humo (de cigarrillo y de otros tipos), y otros contaminantes, además, la temperatura y la humedad de la atmósfera local pueden variar tremendamente, conforme el aire pasa por las vías respiratorias, es calentado hasta la temperatura corporal y filtrado para eliminar partículas del aire inspirado las cuales son desechadas antes de que lleguen a los alvéolos. Los mecanismos mediante los cuales estas impurezas son eliminadas del tracto respiratorio se describen en la sección “Estructura del sistema respiratorio”.

¹ Kunak, Dióxido de carbono: elemento vital con impacto significativo, 2025, [consultado 25/04/2025], disponible en: <https://kunakair.com/es/dioxido-de-carbono/>

² John E. Hall. Guyton y Hall Tratado de Fisiología Médica. 12° edición. 2021.

2.2.5 ESTRUCTURA DEL SISTEMA RESPIRATORIO

Las vías respiratorias

El aire entra al sistema respiratorio por la nariz o la boca, y el que entra por la nariz es filtrado, calentado hasta la temperatura corporal, y humidificado conforme pasa por la nariz y los cornetes nasales. Las vías respiratorias superiores (vías respiratorias por arriba de la tráquea). La mucosa de la nariz, los cornetes nasales, la orofaringe y la nasofaringe tienen un rico riego sanguíneo, y constituye un área de superficie grande. Los cornetes nasales solos tienen un área de superficie que se dice que es de alrededor de 160 cm². Conforme el aire inspirado pasa por estas áreas y continúa a través del árbol traqueobronquial, es calentado hasta la temperatura corporal y humidificado, esta función protectora es más eficaz si se está respirando por la nariz que por la boca. Puesto que los receptores olfatorios están situados en la parte posterior de la cavidad nasal más que en la tráquea o en los alvéolos, una persona puede husmear para intentar detectar gases en potencia o material peligrosos en el aire inspirado, y esta inspiración rápida y superficial pone gases en contacto con los sensores olfatorios sin llevarlos hacia los pulmones.

A continuación, el aire pasa por la glotis y la laringe, y entra al árbol traqueobronquial, después de pasar por las vías aéreas de conducción, el aire inspirado entra a los alvéolos, donde entra en contacto con la sangre venosa mixta en los capilares pulmonares. Empezando con la tráquea, el aire puede pasar a través de tan pocas como 10 y tantas como 23 generaciones, o ramificaciones, en su camino hacia los alvéolos.

La estructura de las vías respiratorias varía considerablemente, dependiendo de su ubicación en el árbol traqueobronquial. La tráquea es un tubo fibromuscular apoyado en posición ventrolateral por cartílago en forma de C, y completado dorsalmente por músculo liso. El cartílago de los bronquios de gran calibre es semicircular, como el de la tráquea, pero a medida que los bronquios entran a los pulmones, los anillos de cartílago desaparecen y quedan reemplazados por placas de cartílago de forma irregular. Dichos anillos rodean por completo los bronquios e imparten a los bronquios intrapulmonares su forma cilíndrica, estas placas, que ayudan a apoyar las vías respiratorias de mayor calibre, disminuyen progresivamente en las

¹ Kunak, Dióxido de carbono: elemento vital con impacto significativo, 2025, [consultado 25/04/2025], disponible en: <https://kunakair.com/es/dioxido-de-carbono/>

² John E. Hall. Guyton y Hall Tratado de Fisiología Médica. 12° edición. 2021.

vías respiratorias distales, y desaparecen en vías respiratorias de alrededor de 1 mm de diámetro; estas vías respiratorias sin cartílago se denominan bronquiolos, y puesto que los bronquiolos y los conductos alveolares carecen de apoyo de cartílago, están sujetos a colapso cuando son comprimidos. La fijación de los tabiques alveolares, que contienen tejido elástico, en sus paredes, una micrografía electrónica de barrido de la superficie alvéolo-capilar. Conforme la distribución de las placas de cartílago se hace irregular alrededor de las vías respiratorias distales, la capa muscular rodea por completo estas vías respiratorias; dicha capa muscular está entremezclada con fibras elásticas. Conforme los bronquiolos proceden hacia los alvéolos, la capa de músculo se hace más delgada, aunque puede encontrarse músculo liso incluso en las paredes de los conductos alveolares. La capa más externa de la pared alveolar está rodeada por tejido conjuntivo denso con muchas fibras elásticas.

Todas las vías respiratorias, salvo parte de la faringe, el tercio anterior de la nariz y las unidades respiratorias distales a los bronquiolos terminales, están revestidas con células ciliadas intercaladas con células caliciformes secretoras de moco y otras células secretoras. En los bronquiolos, las células caliciformes se hacen menos frecuentes y quedan reemplazadas por otro tipo de célula secretora, la célula de Clara. El epitelio ciliado, junto con moco secretado por glándulas a lo largo de las vías respiratorias, y las células caliciformes, además de los productos secretados por las células de Clara, constituyen un importante mecanismo para la protección de los pulmones, llamado el escalador o escalera mecánica mucociliar.

2.2.6 MÚSCULOS DE LA RESPIRACIÓN

A) Músculos inspiratorios

Los músculos de la respiración son músculos esqueléticos, y su actividad normalmente es iniciada por el sistema nervioso. Los músculos de la inspiración comprenden el diafragma, los músculos intercostales externos, y los músculos accesorios de la inspiración. El diafragma es un músculo grande (de alrededor de 250 cm² de área de superficie), en forma de domo, que separa el tórax de la cavidad abdominal, es el músculo primario de la inspiración. Cuando una persona se encuentra en posición supina, alrededor de dos terceras partes del aire que entra a

¹ Kunak, Dióxido de carbono: elemento vital con impacto significativo, 2025, [consultado 25/04/2025], disponible en: <https://kunakair.com/es/dioxido-de-carbono/>

² John E. Hall. Guyton y Hall Tratado de Fisiología Médica. 12° edición. 2021.

los pulmones durante una respiración tranquila normal (que se llama eupnea) depende del diafragma; cuando una persona está de pie o sentada en una postura erguida, sólo entre una tercera parte y la mitad del volumen de ventilación pulmonar quizá dependa del diafragma. Está inervado por los dos nervios frénicos, que son nervios motores que salen de la médula espinal en el tercer al quinto segmentos cervicales. Las fibras musculares del diafragma están insertadas en el esternón y las seis costillas inferiores, y en la columna vertebral mediante los dos pilares, los otros extremos de estas fibras musculares convergen para fijarse al tendón central fibroso, que también está fijo al pericardio en su superficie superior. Durante la respiración tranquila normal, la contracción del diafragma hace que su domo descienda 1 a 2 cm hacia la cavidad abdominal, con poco cambio de su forma, esto alarga el tórax y aumenta su volumen, y son posibles estos movimientos pequeños del diafragma hacia abajo, porque las vísceras abdominales pueden empujar contra una pared abdominal relativamente adaptable. Durante una inspiración profunda, el diafragma puede descender hasta 10 cm, y con una inspiración tan profunda, se alcanza el límite de la pared abdominal para expandirse, la presión abdominal aumenta, y el tendón central no distensible queda fijo contra el contenido abdominal, después de este punto, la contracción del diafragma contra el tendón central fijo eleva las costillas inferiores como.

La contracción de los músculos intercostales externos, intercostales paraesternales y escalenos eleva la caja torácica y la agranda. Durante la inspiración, el diafragma y los músculos respiratorios de la caja torácica se contraen de manera simultánea, mas, si el diafragma se contrajera solo, se tiraría de los músculos de la caja torácica hacia adentro (esto se llama retracción) y si los músculos inspiratorios de la caja torácica se contrajeran solos, se tiraría del diafragma hacia arriba, hacia el tórax. Los músculos accesorios de la inspiración no están involucrados durante la respiración tranquila normal, pero pueden ser activados durante el ejercicio, durante la fase inspiratoria de la tos o el estornudo, o en un estado patológico, como en el asma. La disnea, la sensación de dificultad para respirar, probablemente a menudo se relaciona con fatiga de los músculos inspiratorios.

¹ Kunak, Dióxido de carbono: elemento vital con impacto significativo, 2025, [consultado 25/04/2025], disponible en: <https://kunakair.com/es/dioxido-de-carbono/>

²John E. Hall. Guyton y Hall Tratado de Fisiología Médica. 12º edición. 2021.

B) Músculos espiratorios

La espiración es pasiva durante la respiración tranquila normal, y ningún músculo respiratorio se contrae. A medida que los músculos inspiratorios se relajan, el retroceso elástico aumentado de los alvéolos distendidos es suficiente para disminuir el volumen alveolar y aumentar la presión alveolar por arriba de la presión atmosférica, lo que establece el gradiente de presión para el flujo de aire desde el pulmón. Aunque por lo general se considera que el diafragma está por completo relajado durante la espiración, es probable que se mantenga algo de tono del músculo diafragmático, en especial cuando el individuo está en posición horizontal. La espiración activa ocurre durante el ejercicio, el habla, el canto, la fase espiratoria de la tos o el estornudo, y en estados patológicos, como la bronquitis crónica. Los principales músculos de la espiración son los músculos de la pared abdominal y los músculos intercostales internos, cuando los músculos abdominales se contraen, aumentan la presión abdominal y empujan el contenido del abdomen contra el diafragma relajado, y lo fuerzan hacia arriba, hacia la cavidad torácica, también ayudan a deprimir las costillas inferiores, y tiran de la porción anterior de la parte inferior del tórax hacia abajo. La contracción de los músculos intercostales internos deprime la caja torácica hacia abajo de una manera opuesta a las acciones de los intercostales externos. La espiración activa comprime el tórax y causa presión intrapleurales positiva, esto tiene efectos importantes sobre el sistema respiratorio.

2.2.7 QUIMIORRECEPTORES CENTRALES Y PERIFERICOS DE CO₂

La frecuencia respiratoria y la profundidad de la inspiración están reguladas por el bulbo raquídeo y la protuberancia anular; sin embargo, estas regiones cerebrales lo hacen en respuesta a estímulos sistémicos. Se trata de una relación dosis-respuesta, de retroalimentación positiva, en la que, a mayor estímulo, mayor respuesta. Por lo tanto, un aumento de los estímulos produce respiración forzada. Múltiples factores sistémicos intervienen en la estimulación cerebral para producir ventilación pulmonar. El principal factor que estimula el bulbo raquídeo y la protuberancia para producir la respiración no es la concentración de oxígeno, sino la concentración de dióxido de carbono en la sangre.

³ Rosas, E. Alexanderson. Fisiología Cardiovascular, Renal y Respiratoria. 1^o edición. 2014.

⁴ Colecistectomía Extirpación Quirúrgica De La Vesícula Biliar. American College Of Surgeons. Division Medica.2022.

El dióxido de carbono es un desecho de la respiración celular y puede ser tóxico. Los quimiorreceptores detectan las concentraciones de sustancias químicas. Un quimiorreceptor central es uno de los receptores especializados que se encuentran en el cerebro y el tronco encefálico, mientras que un quimiorreceptor periférico es uno de los receptores especializados que se encuentran en las arterias carótidas y el arco aórtico. Los cambios en la concentración de ciertas sustancias, como el dióxido de carbono o los iones de hidrógeno, estimulan estos receptores, que a su vez envían señales a los centros respiratorios del cerebro.

Los receptores del CO₂ en el cuerpo son principalmente quimiorreceptores que detectan cambios en la presión de CO₂ y en el pH. Se encuentran en dos lugares principales:

A) Quimiorreceptores centrales:

Ubicados en el bulbo raquídeo del cerebro, localizados en cercanías de los centros respiratorios de control, y se hallan inmersos en el líquido extracelular encefálico. Detectan cambios en la concentración de iones de hidrógeno (H⁺) en el líquido cefalorraquídeo, que reflejan niveles de CO₂ en la sangre. Cuando aumenta el CO₂, baja el pH del líquido cefalorraquídeo y se dispara una respuesta para aumentar la ventilación. Son sensibles a los cambios de la concentración de H⁺ en éste, de tal forma que su incremento estimula la ventilación y su disminución la inhibe. No obstante, la barrera hematoencefálica es relativamente impermeable a estos iones.

Entonces, ¿de qué depende la concentración de H⁺ en el entorno de los quimiorreceptores centrales? principalmente de la concentración del CO₂ en el LCR, el cual a su vez depende directamente de la PCO₂ sanguínea. Quiere decir, que la PCO₂ regula la ventilación por su efecto directo sobre el pH del LCR y por su capacidad de atravesar la barrera. Esta regulación se produce de manera directamente proporcional entre PCO₂ y ventilación (a mayor PCO₂ mayor estímulo a la ventilación y viceversa) y de manera inversamente proporcional con el pH del LCR (a mayor pH menor ventilación y viceversa). De esta condición fisiológica “escapa” el paciente portador de EPOC.

³ Rosas, E. Alexanderson. Fisiología Cardiovascular, Renal y Respiratoria. 1º edición. 2014.

⁴ Colecistectomía Extirpación Quirúrgica De La Vesícula Biliar. American College Of Surgeons. Division Medica.2022.

B) Quimiorreceptores periféricos:

Los quimiorreceptores periféricos se encuentran ubicados en los cuerpos carotídeos (a nivel de las bifurcaciones de las arterias carótidas) y en el cuerpo aórtico. Detectan cambios en la presión parcial de CO₂ y pH sanguíneo, especialmente cuando el CO₂ sube o el pH baja. Activan reflejos que aumentan la frecuencia y la profundidad de la respiración para eliminar CO₂.

Poseen una enorme irrigación sanguínea con respecto a su tamaño, de tal forma que, su diferencia arteriovenosa (D_{avO₂}) es muy estrecha. Responden principalmente a la disminución en la PO₂, y en menor medida a las modificaciones de la PCO₂ y el pH. Ostentan dos características notables y particulares: 1. su respuesta se genera a presiones de oxígeno inferiores a 60 mmHg, por lo cual son extraordinariamente sensibles a la hipoxemia y, 2. por su escasa D_{avO₂} responden a la presión de O₂ arterial pero no a la venosa. La regulación que ejercen con respecto a la ventilación es directamente proporcional a la magnitud de la hipoxemia (a mayor hipoxemia mayor estímulo a la ventilación y viceversa). Las aferencias de los cuerpos carotídeos ascienden al bulbo a través del nervio glossofaríngeo, y las de los cuerpos aórticos a través del nervio vago.

2.2.8 ¿CÓMO EL CO₂ DEPRIME EL SISTEMA RESPIRATORIO?

El CO₂ eleva la presión de CO₂ en la sangre (hipercapnia) y estimula principalmente los quimiorreceptores centrales (en el bulbo) y periféricos (carotídeos). A bajas concentraciones, el CO₂ actúa como estimulante para la ventilación: al aumentar H⁺ en líquido cefalorraquídeo por disolución del CO₂, se activan los quimiorreceptores y se aumenta la frecuencia y la profundidad de la respiración. Sin embargo, cuando hay acumulación excesiva de CO₂ (hipercapnia significativa) o en ciertas condiciones patológicas, el efecto puede ser depresor en lugar de estimulante, debido a:

- Fatiga de los centros respiratorios por sobreestimulación sostenida.
- Desplazamiento del sensorio hacia la desincronización entre ventilación y perfusión.
- Efectos depresores directos del CO₂ sobre el sistema nervioso central en concentraciones muy elevadas, que reducen la excitabilidad neuronal.

³ Rosas, E. Alexanderson. Fisiología Cardiovascular, Renal y Respiratoria. 1º edición. 2014.

⁴ Colecistectomía Extirpación Quirúrgica De La Vesícula Biliar. American College Of Surgeons. Division Medica.2022.

- Alteraciones acompañantes como hipotermia, encefalopatía o hipoxia, que pueden exacerbar la depresión respiratoria.

El dióxido de carbono estimula la zona quimio-sensible.

Aunque el dióxido de carbono tiene poco efecto directo en la estimulación de las neuronas de la zona quimio-sensible, tiene un efecto indirecto potente. Consigue este efecto reaccionando con el agua de los tejidos para formar ácido carbónico, que se disocia en iones hidrógeno y bicarbonato; después, los iones hidrógeno tienen un efecto estimulador directo potente sobre la respiración.

¿Por qué el dióxido de carbono sanguíneo tiene un efecto más potente sobre la estimulación de las neuronas quimio-sensibles que los iones hidrógeno sanguíneos?

La respuesta es que la barrera hematoencefálica no es muy permeable a los iones hidrógeno, pero el dióxido de carbono atraviesa esta barrera casi como si no existiera. Por tanto, siempre que aumente la P_{CO_2} sanguínea, también lo hace la P_{CO_2} del líquido intersticial del bulbo y del líquido cefalorraquídeo.

En estos dos líquidos el dióxido de carbono reacciona inmediatamente con el agua para formar nuevos iones hidrógeno. Así, paradójicamente, se liberan más iones hidrógeno hacia la zona sensitiva quimio-sensible respiratoria del bulbo raquídeo cuando aumenta la concentración de dióxido de carbono sanguíneo que cuando aumenta la concentración sanguínea de iones hidrógeno. Por este motivo, la actividad del centro respiratorio aumenta de manera muy intensa por las modificaciones del dióxido de carbono sanguíneo

2.3 ANATOMÍA FISIOLÓGICA DEL APARATO CARDIOVASCULAR

2.3.1 Corazón

El corazón tiene una función de bomba que se encarga de generar presión y desplazar el volumen sanguíneo a través del sistema de vasos sanguíneos. En condiciones normales, la actividad de bomba del corazón se expresa en términos de su gasto cardiaco, que representa la

³ Rosas, E. Alexanderson. Fisiología Cardiovascular, Renal y Respiratoria. 1º edición. 2014.

⁴ Colecistectomía Extirpación Quirúrgica De La Vesícula Biliar. American College Of Surgeons. Division Medica.2022.

cantidad de sangre que expulsa el corazón en cada contracción (volumen sistólico), multiplicado por la frecuencia cardiaca. Cualquier factor que altere la frecuencia cardiaca o el volumen sistólico produce cambios en el gasto cardiaco. La frecuencia cardiaca está determinada por un grupo de células especializadas que actúan como marcapasos fisiológico (células P o pacemaker) y, aunque estas células poseen automatismo, su actividad también se encuentra regulada por el sistema nervioso autónomo y endocrino. A su vez, el corazón también sintetiza hormonas, como los péptidos natriurético auricular (ANP) y cerebral (BNP), que desempeñan una función muy importante en el control del volumen y presión sanguínea. La función de las válvulas cardiacas es mantener el flujo unidireccional a través del corazón.

2.3.2 Sistema de vasos sanguíneos y linfáticos

Aunque el gasto cardiaco es intermitente, existe un flujo continuo de sangre hacia la periferia que se acompaña de distensión de la aorta y sus ramas durante la contracción ventricular (sístole) y de retroceso elástico en las grandes arterias, lo cual actúa como propulsor de la sangre durante la relajación ventricular (diástole). La sangre se desplaza con rapidez de la aorta a sus ramificaciones; las ramas se estrechan y sus paredes se adelgazan y cambian en el plano histológico hacia la periferia. La aorta es una estructura predominantemente elástica; sin embargo, las arterias periféricas son más musculares y en las arteriolas predomina la capa muscular. En la aorta y las grandes arterias, la resistencia al flujo sanguíneo es relativamente constante y el descenso de presión de la raíz de la aorta a las arterias de menor calibre es pequeño. En las arterias de calibre más reducido y arteriolas existe una mayor resistencia al flujo sanguíneo y la disminución de presión a través de estos vasos es mayor en términos comparativos. Una resistencia más grande se encuentra en las arteriolas. El grado de contracción en la capa muscular media de estos vasos sanguíneos regula el flujo sanguíneo tisular y contribuye a controlar la presión arterial de la sangre. En adición a la súbita reducción de la presión a través de las arteriolas, el flujo cambia de uno pulsátil a uno continuo. El flujo sanguíneo arterial pulsátil, que se origina en la contracción cardiaca intermitente, se amortigua en los capilares por la combinación de la distensibilidad de las grandes arterias y resistencia en

³ Rosas, E. Alexanderson. Fisiología Cardiovascular, Renal y Respiratoria. 1º edición. 2014.

⁴ Colecistectomía Extirpación Quirúrgica De La Vesícula Biliar. American College Of Surgeons. Division Medica.2022.

las arterias de pequeño calibre y arteriolas.

Los capilares tienen su origen en las arteriolas.

En el lecho capilar, el área de sección transversal total es muy grande, pese a que el área de sección transversal de cada capilar es menor que en la arteriola. Como resultado del aumento del área de sección transversal total, la velocidad de flujo en los capilares se lentifica en grado considerable, lo que posibilita el intercambio de gradientes en este plano.

El retorno de la sangre al corazón a partir de los capilares se efectúa a través de las vénulas y con posterioridad en vasos de mayor calibre y menor número. La composición de la pared y el engrosamiento de las venas también cambian, el área de sección transversal total de las venas disminuye y la velocidad del flujo sanguíneo aumenta. Asimismo, la mayor parte de la sangre en la circulación sistémica se localiza en los vasos venosos, por lo que también se denominan vasos de capacitancia. La sangre que alcanza la aurícula derecha y luego el ventrículo derecho (retorno venoso) discurre hacia el sistema arterial pulmonar a una presión media aproximada de una séptima parte respecto de la que existe en la circulación sistémica. La sangre ingresa a los capilares pulmonares en donde se libera CO₂ y se capta oxígeno. La sangre oxigenada ingresa a la aurícula izquierda a través de las venas pulmonares y al final llega al ventrículo izquierdo para completar el ciclo.

2.3.3 Presión de perfusión

La presión de perfusión es la fuerza que ejerce la sangre sobre las paredes de los vasos sanguíneos a nivel tisular. Su efecto depende de la diferencia de presión media entre el extremo arterial y venoso que es capaz de generar flujo sanguíneo para mantenerlo relativamente constante. La presión de perfusión que alcanza al tejido en cuestión hace posible el intercambio de sustancias en los capilares.

³ Rosas, E. Alexanderson. Fisiología Cardiovascular, Renal y Respiratoria. 1^o edición. 2014.

⁴ Colecistectomía Extirpación Quirúrgica De La Vesícula Biliar. American College Of Surgeons. Division Medica.2022.

2.4 COLECISTECTOMÍA LAPAROSCOPICA

La cirugía laparoscópica ha tenido un gran desarrollo en los últimos años. La colecistectomía laparoscópica fue primeramente realizada en 1985. Desde la introducción de la colecistectomía laparoscópica en la práctica general en 1990, rápidamente llegó a ser el procedimiento dominante en la cirugía de la vesícula. A finales de la década, la colecistectomía laparoscópica se diseminó a través de todo el mundo. La importancia de la colecistectomía laparoscópica fue el cambio cultural que engendró en el tipo de operación. En términos de técnicas, la colecistectomía laparoscópica es ahora el estándar de oro para el tratamiento de la enfermedad de piedras en la vesícula. Es usualmente la cirugía más realizada como cirugía de mínimo acceso en el mundo del cirujano general. En Europa y en América, el 98% de todas las cole-cistectomía se realizan de la forma laparoscópica. El crédito de popularizar la cirugía de mínimo acceso se debe en gran parte a la colecistectomía laparoscópica, es el procedimiento más popular y mayor mente aceptada dentro de los procedimientos quirúrgicos de mínimo acceso alrededor del mundo.

La cirugía laparoscópica se ha expandido desde la cirugías de vesículas biliares a casi virtualmente cada operación de la cavidad abdominal.

Indicaciones

- Colelitiasis
- Mucocele de la vesícula biliar
- Empiema de la vesícula biliar
- Colesterosis
- Portador de tifoidea
- Vesícula en porcelana
- Colecistitis aguda (calculosa y acalculosa)
- Pólipos adenomatosos de la vesícula biliar.

³ Rosas, E. Alexanderson. Fisiología Cardiovascular, Renal y Respiratoria. 1º edición. 2014.

⁴ Colecistectomía Extirpación Quirúrgica De La Vesícula Biliar. American College Of Surgeons. Division Medica.2022.

Contraindicaciones

- Inestabilidad hemodinámica
- Coagulopatía no corregida
- Peritonitis generalizada
- Enfermedad cardio-pulmonar severa
- Infecciones de la pared abdominal
- Múltiples cirugías previas de la pared abdominal superior
- Embarazo tardío

La anestesia general y el neumoperitoneo requerido como parte del procedimiento laparoscópico pueden aumentar el riesgo en cierto grupo de pacientes. La mayoría de los cirujanos no recomendarían la laparoscopia en pacientes con estas enfermedades pre-existentes. Pacientes con enfermedad cardíaca severa y enfermedad pulmonar obstructiva crónica no deben ser considerados buenos candidatos para la laparoscopia. La colecistectomía laparoscópica puede ser más difícil en pacientes que tienen cirugías previas en el abdomen superior. Los pacientes mayores de edad pueden tener también complicaciones o un riesgo aumentado de complicaciones con la anestesia general combinada con el neumoperitoneo.

Ventajas de las técnicas laparoscópicas

- Razones cosméticas
- Menor disección de tejidos y menor disrupción de los planos tisulares.
- Menor dolor post-operatorio.
- Bajas complicaciones intra-operatorias y postoperatorias en manos experimentadas.
- Retorno rápido al trabajo.

³ Rosas, E. Alexanderson. Fisiología Cardiovascular, Renal y Respiratoria. 1º edición. 2014.

⁴ Colecistectomía Extirpación Quirúrgica De La Vesícula Biliar. American College Of Surgeons. Division Medica. 2022.

Investigaciones Preoperatorias

A parte de las investigaciones preoperatorias de rutina, en pacientes preparados lo único necesario es el ultrasonido y el examen físico. Aunque practicado en algunos centros la colangiografía intravenosa puede ser no confirmatoria, aumenta el riesgo de reacciones anafilácticas.

Posición del Paciente

El paciente es operado en posición supina, en posición de Fowler y con un giro a la izquierda. Esta típica posición en la colecistectomía laparoscópica debe realizarse una vez que el neumoperitoneo ha sido establecido, el paciente es colocado en un Trendelenburg inverso, posicionado y rotado a la izquierda para dar una mayor exposición del cuadrante superior derecho.

Pasos y Análisis

- Preparación del paciente
- Creación del neumoperitoneo
- Inserción de los puertos
- Laparoscopia diagnóstica
- Disección del peritoneo visceral
- Disección del triángulo de Calot
- Engrapado y división del conducto cístico y de la arteria cística
- Disección de la vesícula biliar del lecho hepático
- Extracción de la vesícula biliar y recolección de las piedras de la cavidad abdominal
- Irrigación y succión del campo operatorio
- Laparoscopia diagnóstica final
- Remoción de la salida completa de CO₂
- Cierre de las heridas.

⁵Wexner D. Steven. Green L. Ray. Libro de Cirugía Laparoscópica Práctica. 2º edición. 2010. ⁶Artusi R. Guillermo. Cittadino A. Tripoloni E. Daniel. Técnica De La Colecistectomía Laparoscópica. Edición IV-450.

⁷Schwartz. Brunnicardi F. Charles. Principios de cirugía. 8º edición. 2006.

Localización de los puertos

Cuatro portales son utilizados:

El óptico (10 mm.), uno de 5 milímetros y 10 milímetros operativos y otro de 5 milímetros como el puerto asistente. El puerto óptico está cerca del ombligo y se utiliza rutinariamente un laparoscopio de 30°, utilizado a través de este portal.

Algunos cirujanos que inician la laparoscopia utilizan el telescopio de 0° porque es más cómodo de utilizar. El laparoscopio es insertado a través del portal umbilical de 10 milímetros y la cavidad abdominal es explorada por cualquier anomalía. Los portales secundarios son posteriormente colocados bajo visión directa con el laparoscopio. El cirujano coloca un trocar de 10 milímetros en la línea media y a la izquierda del ligamento falciforme en el epigástrico. Dos portales de 5 milímetros, un trocar sub costal en el cuadrante superior derecho y otro trocar de 5 milímetros más abajo cerca de la línea axilar anterior derecha son colocados.

2.4.1 ANATOMÍA LAPAROSCÓPICA

La vista laparoscópica del cuadrante superior derecho a primera vista demostrará primariamente los espacios subfrénicos, la superficie abdominal del diafragma, la superficie diafragmática del hígado. El fondo de la vesícula biliar puede verse salir de la superficie inferior del hígado. El ligamento falciforme es visto como un punto prominente de visión entre el espacio subfrénico izquierdo y el espacio subfrénico derecho. A medida que la vesícula biliar es elevada y retraída hacia el diafragma las adherencias del omento del duodeno o del colon transverso son vistas (Ver anexo 2).

⁵Wexner D. Steven. Green L. Ray. Libro de Cirugía Laparoscópica Practica. 2° edición. 2010. ⁶Artusi R. Guillermo. Cittadino A. Tripoloni E. Daniel. Técnica De La Colecistectomía Laparoscópica. Edición IV-450.

⁷Schwartz. Brunnicardi F. Charles. Principios de cirugía. 8° edición. 2006.

2.4.1 EXPOSICIÓN DE LA VESÍCULA BILIAR Y EL PEDÍCULO CÍSTICO.

El grasper es utilizado a través del trocar de 5 milímetros inferior derecho para tomar el fondo de la vesícula y retraerla hacia el borde del hígado; para exponer la vesícula biliar en toda su extensión. Si existieran adherencias a la vesícula biliar, tendrían que ser liberadas utilizando disección roma o disección cortante. Con la vesícula biliar totalmente visualizada un segundo grasper (pinza) es insertado a través de otro trocar a través del cuadrante superior derecho para tomar el infundíbulo de la vesícula y retraerla hacia la derecha exponiendo el Triángulo de Calot.

Una cuidadosa evaluación de la anatomía revela si la vesícula es parcialmente intra hepática, sobre el mesenterio, posee un gorro de Phrygian o si tiene alguna forma rara. La bolsa de Hartman debe ser identificada y vista tunelizándose hacia abajo y continuando como una estructura tubular, el conducto cístico. Es importante identificar la bolsa de Hartman claramente debido a que la mayoría de los cirujanos colocan grapas a este nivel y dividen el conducto cístico muy alto en la terminación de la bolsa Hartman; en vez de seguir el conducto cístico hasta la unión con el colédoco. La disección en la unión del conducto cístico con el colédoco aumenta las posibilidades de lesiones por tracción y sangrado de pequeños vasos linfáticos. La arteria cística puede ser vista con atención ya que corre a lo largo de la superficie de la vesícula biliar. Un ganglio linfático puede ser visto anterior a la arteria cística. La arteria cística da una pequeña rama arterial que suple de irrigación al conducto cístico. Esta pequeña rama usualmente sangra cuando se está creando la ventana a través de la arteria y el conducto cístico, este sangrado se detiene cuando el conducto cístico es engrapado (Ver anexo 3)

⁵ Wexner D. Steven. Green L. Ray. Libro de Cirugía Laparoscópica Practica. 2º edición. 2010. ⁶Artusi R. Guillermo. Cittadino A. Tripoloni E. Daniel. Técnica De La Colectomía Laparoscópica. Edición IV-450.

⁷Schwartz. Brunnicardi F. Charles. Principios de cirugía. 8º edición. 2006.

2.4.2 SEPARACIÓN DEL CONDUCTO CÍSTICO DE LA ARTERIA CÍSTICA

Una vez que el conducto cístico sea visualizado, el disector puede ser utilizado para crear una ventana en el Triángulo de Calot entre el conducto cístico y la arteria cística. Esta ventana debe ser creada lo más cerca a la unión de la vesícula biliar con el conducto cístico para evitar lesiones del colédoco. La separación del conducto cístico anterior de la arteria cística por detrás puede ser realizada utilizando un grasper Maryland abriendo sus muelas entre el conducto cístico y la arteria. Las aperturas de las muelas del disector Maryland pueden estar alineadas con el conducto nunca con un ángulo recto, para evitar lesionar la arteria que esta por detrás. Una distancia suficiente entre el conducto cístico, la arteria y la vesícula biliar debe ser obtenida para que los 3 clips puedan ser aplicados. El gancho electro- quirúrgico puede ser insertado en esta ventana y enganchar alrededor del conducto cístico. Con un movimiento de arriba hacia abajo el gancho es utilizado para liberar la mayor cantidad de tejido posible lo más cerca al conducto y a la unión del conducto cístico y la vesícula biliar. Los tejidos que no se pueden disecar del conducto son alejados de otras estructuras con el gancho y se dividen utilizando corriente cortante activa.

Dependiendo de la longitud del conducto, usualmente no es necesario disecarlo en todo en su recorrido hasta la unión con el colédoco. De una manera similar el hook o el gancho pueden ser utilizados para separar la arteria cística y obtener una longitud que sea adecuada y suficiente para poder engraparla (Ver anexo 4).

2.4.3 ENGRAPADO Y DIVISIÓN DEL CONDUCTO CÍSTICO

Luego de haber disecado el conducto cístico y la arteria, las grapas son introducidas a través del portal epigástrico y por lo menos 2 grapas son colocadas proximales al conducto cístico. Hay que tener cuidado en no colocar estas grapas muy abajo debido a que la retracción puede producir tensión sobre el colédoco pudiendo causar obstrucción. Otra grapa es colocada en la

⁵ Wexner D. Steven. Green L. Ray. Libro de Cirugía Laparoscópica Practica. 2º edición. 2010. ⁶Artusi R. Guillermo. Cittadino A. Tripoloni E. Daniel. Técnica De La Colectomía Laparoscópica. Edición IV-450.

⁷Schwartz. Brunnicardi F. Charles. Principios de cirugía. 8º edición. 2006.

vesícula biliar sobre el conducto cístico dejando suficiente espacio entre los clips para poder dividirlos. De manera muy similar, las grapas son colocadas sobre la arteria cística, dos de ellas proximales y una de ellas del lado de la vesícula sobre la arteria cística. Las tijeras laparoscópicas posteriormente son introducidas a través del portal epigástrico para dividir el conducto cístico y la arteria entre grapas. Ambas mandíbulas del aplicador de grapas deben ser utilizadas bajo visión directa (Ver anexo 5).

2.4.4 ENGRAPADO Y DIVISIÓN DE LA ARTERIA CÍSTICA

La arteria cística es engrapada y luego dividida con tijeras. Dos grapas son colocadas proximalmente a la arteria cística y un clip es aplicado distalmente. Posteriormente la arteria es tomada con un grasper cerca de la pared de la vesícula y luego es dividida entre el segundo y el tercer clip.

2.4.5 COLANGIOGRAMA OPERATORIO

En muchas instituciones el colangiograma intraoperatorio es realizado. El colangiograma de rutina disminuye los riesgos de lesiones del colédoco en caso de una anatomía difícil. Si un colangiograma es realizado, el conducto cístico es disecado y excluido proximal a la vesícula con una grapa. Esto evitará que se escape contenido de la vesícula biliar cuando el conducto haya sido abierto. Las tijeras son utilizadas para incidir el conducto.

La apertura del conducto cístico es realizada en el aspecto antero- superior. El alineamiento correcto del conducto cístico y una infusión de solución salina facilita la inserción del catéter ureteral para la realización de la colangiografía. La inserción será difícil si la apertura del conducto cístico se realiza muy cerca de la vesícula biliar. El disector es utilizado para ampliar la incisión adecuadamente y dilatarlo para la colocación del catéter para el colangiograma. El catéter es introducido a través de los portales de 5 milímetros.

⁵ Wexner D. Steven. Green L. Ray. Libro de Cirugía Laparoscópica Practica. 2º edición. 2010. ⁶Artusi R. Guillermo. Cittadino A. Tripoloni E. Daniel. Técnica De La Colectomía Laparoscópica. Edición IV-450.

⁷Schwartz. Brunnicardi F. Charles. Principios de cirugía. 8º edición. 2006.

Es fijado ya sea mediante la insuflación de un balón o ajustándolo con un clip para mantenerlo en su lugar. El catéter posteriormente es irrigado con solución salina para asegurar su correcta colocación. Todos los instrumentos son removidos y un colangiograma dinámico con fluoroscopia en tiempo real es realizado. El medio de contraste debe ser inyectado lentamente durante el procedimiento y el paciente debe ser colocado en una posición Trendelenburg ligera con la mesa rotada ligeramente hacia la derecha. Esto es esencial para que el tracto biliar entero pueda ser definido. Cuando el colangiograma es completado, el catéter es removido y dos grapas son colocadas proximalmente en el conducto. El conducto posteriormente es dividido. El cirujano debe ligar o engrapar el conducto cístico al estar completamente seguro de esto.

Las mayores ventajas intra-operatorias de realizar una colangiografía durante la colecistectomía son:

- Detección de una piedra en el colédoco.
- Reducción de la incidencia de piedras residuales en el colédoco.
- Delinear las variantes anatómicas de la anatomía biliar para disminuir el riesgo de una lesión de vías biliares.

El colangiograma intraoperatorio es una herramienta altamente sensitiva para determinar coledocolitiasis, con una especificidad de 95%. La colangiografía intraoperatoria rutinaria puede diagnosticar piedras no sospechadas en el colédoco en 1 al 14% (promedio 5%) de los pacientes sin indicaciones para exploración de los conductos biliares.

Las fallas en el colangiograma laparoscópico intraoperatorio se deben a:

- La estrechez del conducto cístico.
- La ruptura del conducto cístico.
- Válvulas obstructivas del conducto cístico.
- Piedras impactadas en el conducto cístico.
- La extravasación de contraste por perforación del conducto cístico.

⁵Wexner D. Steven. Green L. Ray. Libro de Cirugía Laparoscópica Practica. 2º edición. 2010. ⁶Artusi R. Guillermo. Cittadino A. Tripoloni E. Daniel. Técnica De La Colecistectomía Laparoscópica. Edición IV-450.

⁷Schwartz. Brunicardi F. Charles. Principios de cirugía. 8º edición. 2006.

Con mayor experiencia, la colangiografía laparoscópica puede lograrse en 90 a 99% de los casos, una rata similar al colangiograma intraoperatorio durante una colecistectomía abierta.

2.4.6 DISECCIÓN DE LA VESÍCULA BILIAR DEL LECHO HEPÁTICO

El gancho electroquirúrgico es utilizado con cauterio a través del portal epigástrico para disecar el lecho de la vesícula biliar del hígado. Utilizando un grasper, primeramente, la vesícula es retraída a la derecha para exponer y disecar el lado medial de su punto de fijación. La vesícula biliar es luego retraída a la izquierda y el lado lateral es disecado. El gancho es utilizado para disecar la vesícula biliar del lecho hepático desde la porción inferior a la superior hasta que el 90% es removido del hígado. Manteniendo la porción remanente la vesícula biliar unida al hígado, el lecho hepático y las estructuras grapadas son evaluadas y cualquier sangrado activo es detenido utilizando el gancho o la espátula. La vesícula biliar debe ser separada del hígado a través del tejido areolar laxo que une la vesícula biliar a la capsula de Glisson en el lecho hepático. La separación actual puede ser realizada con tijeras o con electro-cauterio. Los pledget pueden ser utilizados para remover la vesícula biliar del lecho hepático una vez que el plano de disección se haya encontrado. La perforación de la vesícula biliar durante su separación es una complicación común, encontrada en el 15% de los casos. Uno debe ser cuidadoso durante la disección y si existe algún derramamiento de bilis o piedras, cada una de ellas debe ser removida de la cavidad peritoneal para evitar formación de abscesos en el futuro.

2.4.7 EXTRACCIÓN DE LA VESÍCULA BILIAR

La vesícula biliar está ahora separada del hígado y se coloca sobre éste. El paciente es regresado a la posición supina y el área de disección del cuadrante superior derecho es irrigada y succionada hasta que verse claro.

⁵ Wexner D. Steven. Green L. Ray. Libro de Cirugía Laparoscópica Practica. 2º edición. 2010. ⁶Artusi R. Guillermo. Cittadino A. Tripoloni E. Daniel. Técnica De La Colecistectomía Laparoscópica. Edición IV-450.

⁷Schwartz. Brunnicardi F. Charles. Principios de cirugía. 8º edición. 2006.

La vesícula biliar es extraída a través del portal de 11 milímetros epigástrico con la ayuda de un extractor de vesícula. Muchos cirujanos utilizan el portal umbilical para extraer la vesícula biliar. Si la vesícula es removida a través del portal umbilical, el laparoscopio es colocado a través del portal epigástrico y la vesícula es visualizada sobre el hígado. Un gran grasper con dientes es insertado a través del portal umbilical y es utilizado para agarrar la vesícula sobre el muñón del conducto cístico en el área de las grapas. La vesícula es posteriormente exteriorizada a través de la incisión umbilical donde es mantenida en su posición con unas pinzas.

Primero el cuello de la vesícula debe ser enganchado en la cánula y luego ésta debe ser retirada en conjunto con el cuello de la vesícula agarrado entre las mandíbulas de extractor de vesícula. Una vez que el portal y el cuello de la vesícula están afuera, el cuello es tomado con la ayuda de una hemostática atraumática y se extrae girándola. Si la vesícula es de pequeña, podrá ser extraída sin dificultad, de otra manera, incisiones pequeñas en el cuello de la vesícula puede realizarse y el instrumento de succión e irrigación se utiliza para aspirar toda la bilis y facilitar su extracción. Algunas veces, las piedras grandes no permitirán el paso fácil de la vesícula en estas situaciones fórceps ovales deben ser insertados en la luz de la vesícula biliar a través de la incisión del cuello y las piedras deben ser fracturadas (Ver anexo 6).

Cuando los fórceps ovalados sean utilizados para remover piedras grandes de la vesícula, hay que tener precaución de mantener la vesícula libre y tener espacio suficiente para introducir los fórceps, de no ser así perforaremos la vesícula y todas las piedras se escapan y derramarán. La extracción de la vesícula dentro de una bolsa es recomendada para evitar la pérdida de piedras y la contaminación de la herida durante la salida.

2.4.6 COLECISTECTOMÍA POR TRES PORTALES

Desde que fue realizada la primera colecistectomía laparoscópica, ha sido aceptado a lo largo del mundo que el procedimiento estándar se realiza utilizando 4 trocares. El cuarto trocar (lateral) es utilizado para agarrar el fondo de la vesícula y exponer el triángulo de Calot. Ha sido argumentado que el cuarto trocar no es necesario en la mayoría de los casos. La técnica

⁵ Wexner D. Steven. Green L. Ray. Libro de Cirugía Laparoscópica Practica. 2º edición. 2010. ⁶Artusi R. Guillermo. Cittadino A. Tripoloni E. Daniel. Técnica De La Colecistectomía Laparoscópica. Edición IV-450.

⁷Schwartz. Brunicardi F. Charles. Principios de cirugía. 8º edición. 2006.

de tres portales es tan segura como la técnica estándar de cuatro portales. Las ventajas más importantes de las técnicas de tres portales es que causa menos dolor, es más económica y deja menos cicatrices. La colecistectomía de tres portales es realizada por cirujanos laparoscópicos experimentados debido a que el movimiento con la mano izquierda es muy importante en esta cirugía. Las habilidades bi-manuales, la correcta interpretación de la anatomía debe conocerse al realizarse esta técnica. La colecistectomía con tres portales es posible realizarla con cirujanos laparoscópicos experimentados.

2.4.7 FINALIZACIÓN DE LA OPERACIÓN

Los instrumentos y los portales son removidos. El telescopio debe ser removido dejando la válvula de gas en el portal umbilical abierta para permitir que el gas salga del abdomen. Al momento de remover el portal umbilical, el telescopio debe insertarse nuevamente y el portal umbilical debe ser removido sobre el telescopio para prevenir cualquier atrapamiento del omento. La herida es luego cerrada con suturas de Vicril para el recto e intradérmicas no absorbibles o grapas para la piel. Una sola sutura es utilizada para cerrar el ombligo y la apertura de la fascia media. Muchos cirujanos laparoscópicos rutinariamente dejan estos defectos de fascia sin corregir. Algunos cirujanos le gustan inyectar anestésico local en el sitio de los portales para evitar dolor post-operatorio. Cobertores estériles sobre la herida deben aplicarse.

2.4.8 CUIDADO POSTOPERATORIO

Muchos de los pacientes pueden ser dados de alta al día siguiente de la cirugía. El paciente que no tenga retención urinaria, náuseas prolongadas, dolor o dificultad al caminar puede ser dado de alta luego de tener movimientos intestinales. Antibióticos de amplio espectro deben ser administrados en tres dosis. La primera dosis infundida una hora antes de la cirugía, la segunda y la tercera deben ser administradas en los días consecutivos. Pocos pacientes pueden presentar dolor sobre la punta del hombro luego de la cirugía laparoscópica; esto se debe a la

⁵Wexner D. Steven. Green L. Ray. Libro de Cirugía Laparoscópica Practica. 2º edición. 2010. ⁶Artusi R. Guillermo. Cittadino A. Tripoloni E. Daniel. Técnica De La Colecistectomía Laparoscópica. Edición IV-450.

⁷Schwartz. Brunicardi F. Charles. Principios de cirugía. 8º edición. 2006.

irritación del diafragma por el CO₂. El hidrocloreto de tramadol es recomendado en estos pacientes. Muchos de estos pacientes son capaces de regresar a la actividad de día a día dentro de las 48 a 72 horas luego de la cirugía. Generalmente el paciente puede regresar al trabajo sedentario en una semana.

2.5 PRINCIPIOS TÉCNICOS FUNDAMENTALES EN LA COLESCISTECTOMÍA LAPAROSCOPICA.

La disposición de los trócares será tal que los extremos útiles de los instrumentos converjan en la vesícula biliar y aquellos que manipula el cirujano lo hagan en ángulo cercano a los 60°. Este es el ángulo que permite ejecutar con comodidad maniobras complejas (nudos, suturas, exploración transcística) con ambas manos.

El adecuado manejo de la cámara requiere: Movimientos lentos, nunca bruscos, siempre debe controlarse el acceso y salida del campo operatorio de cada uno de los instrumentos.

Enfoque del instrumento activo de modo que se lo vea siempre en el centro de la pantalla.

Evitar la rotación de la cámara, si esto ocurriera se buscarán puntos de referencia para volver a la posición correcta: el nivel del líquido de lavado es una línea horizontal.

Se evitará el “tumulto instrumental”; los instrumentos deben moverse secuencialmente, nunca en forma simultánea. Al ingresar un instrumento en busca del campo operatorio su extremo debe ser dirigido siempre hacia la pared abdominal anterior, nunca hacia las vísceras, para evitar lesiones inadvertidas (estómago, duodeno, colon).

Durante la disección con hook siempre se orientará la punta hacia arriba para evitar una posible lesión térmica de vísceras vecinas. Siempre se iniciará la disección del pedículo en la unión entre el cístico y el bacinete; nunca en la unión cístico-coledociana, frecuente causa de lesiones de la vía biliar. Si una hemorragia impide identificar la arteria o el con ducto cístico nunca se deberá usar electrocoagulación para cohibirla; el primer gesto será comprimir con la

⁵Wexner D. Steven. Green L. Ray. Libro de Cirugía Laparoscópica Practica. 2º edición. 2010. ⁶Artusi R. Guillermo. Cittadino A. Tripoloni E. Daniel. Técnica De La Colecistectomía Laparoscópica. Edición IV-450.

⁷Schwartz. Brunnicardi F. Charles. Principios de cirugía. 8º edición. 2006.

pinza, la vesícula o un hisopo mientras se irriga la zona para identificar con precisión el punto de sangrado. Recién entonces se procederá al clipado o coagulación según el origen de la hemorragia.

2.5.1 Dificultades o situaciones específicas.

Colecistitis aguda: La técnica descrita es aplicable en casos de inflamación aguda; no obstante, ésta puede alterar las condiciones locales y modificar la anatomía planteando dificultades especiales. Las adherencias suelen ser vascularizadas y requerir corte con coagulación. Si se produjera sangrado durante la disección de adherencias del epiplón se procederá a la inmediata hemostasia (electrocoagulación, clipado, lazo preformado) evitando la retracción que hace difícil localizar el punto de sangrado. La prehensión con el grasper que empuña el cirujano puede ser la primera maniobra para cohibir la hemorragia. Durante la liberación de adherencias se seguirá la dirección de derecha a izquierda, lo que permite, en la mayoría de los casos, descubrir en primer término el conducto cístico y su unión con el bacinete e iniciar la apertura de la serosa siguiendo la cara derecha de la vesícula, respetar este principio permite el empleo de energía térmica lejos del triángulo hepatocístico.

Derrame del contenido vesicular: La apertura accidental de la vesícula puede ocasionar la caída del contenido líquido y/o cálculos de pequeño tamaño. Se aconseja el lavado profuso y la aspiración del líquido en forma inmediata y la introducción de los cálculos en una bolsa tomándolos delicadamente para impedir su disgregación o ruptura. Esta conducta seguida por el avenamiento del espacio subhepático disminuirá el riesgo de formación de abscesos intraabdominales.

Hemorragia: Es la causa más frecuente de conversión por necesidad. Para su tratamiento se empleará la secuencia ya descrita y consagrada por el uso en cirugía a cielo abierto: “compresión-aspiración-clipado o coagulación”. Si la acumulación de sangre impide localizar el origen del sangrado se procederá al lavado anticipándose a la formación de coágulos que son difíciles de aspirar con las cánulas de 5 mm y tienden a oscurecer la imagen por absorción de la luz. Los coágulos pueden evacuarse conectando la manguera de aspiración desprovista

⁵ Wexner D. Steven. Green L. Ray. Libro de Cirugía Laparoscópica Practica. 2º edición. 2010. ⁶Artusi R. Guillermo. Cittadino A. Tripoloni E. Daniel. Técnica De La Colecistectomía Laparoscópica. Edición IV-450.

⁷Schwarts. Brunicardi F. Charles. Principios de cirugía. 8º edición. 2006.

de la cánula a un trócar de 10 mm y dirigiendo éste hacia los mismos. El sangrado de los sitios de inserción de los trócares puede requerir puntos transfixiantes que comprendan todos los planos de la pared abdominal. A menudo la presencia de los trócares puede contener el sangrado durante la operación y, en el postoperatorio, producirse hemorragia por lo que se aconseja retirarlos bajo control laparoscópico, atentos a la caída de sangre a la cavidad, nunca “a ciegas”.

⁵ Wexner D. Steven. Green L. Ray. Libro de Cirugía Laparoscópica Practica. 2º edición. 2010. ⁶Artusi R. Guillermo. Cittadino A. Tripoloni E. Daniel. Técnica De La Colecistectomía Laparoscópica. Edición IV-450.

⁷Schwartz. Brunicardi F. Charles. Principios de cirugía. 8º edición. 2006.

CAPÍTULO

III

3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE DESCRIPTIVA	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<p>Evaluación de los efectos de la administración de CO₂ sobre la hemodinamia y la función respiratoria</p>	<p>*Evaluación designa el conjunto de actividades que sirven para dar un juicio, hacer una valoración de acuerdo con determinados criterios con que se emite dicho juicio.</p> <p>*Efecto de la administración de CO₂ respuestas fisiológicas y funcionales que ocurren en el organismo como consecuencia de la introducción controlada de este gas, ya sea por inhalación o por insuflación en cavidades corporales</p> <p>*Hemodinamia es el estudio del movimiento de la sangre a través del sistema vascular.</p> <p>*Función respiratoria</p>	<p>Valoración de los cambios fisiológicos que ocurren en el sistema cardiovascular y en el sistema respiratorio tras la introducción controlada de dióxido de carbono en el organismo.</p>	<p>Efectos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento y disminución de la presión arterial. - Aumento del CO₂ inspirado. - Aumento de la frecuencia cardíaca - Bradicardia.

<p>Pacientes intervenidos quirúrgicamente por colecistectomía laparoscópica</p>	<p>proceso mediante el cual el cuerpo toma oxígeno del aire y elimina dióxido de carbono.</p> <p>*Pacientes individuo que busca atención o recibe cuidados de salud debido a enfermedades, lesiones, para mejorar su bienestar y para prevenir enfermedades.</p> <p>*Intervención quirúrgica Es un acto instrumental, total o parcial, realizado por profesionales de la salud, con el objetivo de tratar o diagnosticar afecciones.</p> <p>*Colecistectomía laparoscópica Cirugía para extirpar la vesícula biliar utilizando una técnica mínimamente invasiva, que implica pequeñas incisiones en el abdomen.</p>	<p>Procedimiento quirúrgico mínimamente invasivo destinado para la extirpación de la vesícula biliar, generalmente indicado en casos de colelitiasis sintomática.</p>	<p>Presión Arterial</p> <p>Frecuencia Respiratoria</p> <p>Edad</p> <p>Sexo</p> <p>ASA</p>	<p>-Presión sistólica (mmHg): 120-129</p> <p>-Presión diastólica (mmHg): 80-89</p> <p>Rango del valor normal: 12 a 20 rpm</p> <p>30 - 60 años</p> <p>-Masculino -Femenino</p> <p>ASA I (paciente sano)</p> <p>ASA II (Paciente con enfermedad sistémica leve y sin limitación)</p>
---	---	---	---	--

CAPÍTULO

IV

4. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 TIPO DE ESTUDIO

Se realizó un estudio descriptivo y transversal para evaluar los efectos que causa la administración de CO₂ sobre la hemodinámica y función respiratoria durante la cirugía laparoscópica buscando así una respuesta al problema y los objetivos planteados.

Descriptivo: Porque se realizó de manera sistemática y precisa con variables de estudio, describiendo los efectos causados por la administración de CO₂.

Transversal: Porque se realizó el estudio de las variables en los meses de junio a julio de 2025, sin ningún seguimiento posterior.

4.2 POBLACIÓN, MUESTRA Y TIPO DE MUESTREO

4.2.1 Universo o población de estudio

Población: Estuvo conformada por pacientes de Asa tipo I y II, que fueron intervenidos quirúrgicamente en cirugía laparoscópica, en el Hospital Nacional General “Enfermera Angelica Vidal de Najarro”, San Bartolo.

4.2.2 Muestra

Muestra: Se estableció en 30 pacientes entre 30 a 60 años de edad que fueron intervenidos quirúrgicamente en cirugía laparoscópica en el mes de junio a julio, siempre y cuando cumpla con los criterios determinados.

4.2.3 Tipo de Muestreo

Muestreo aleatorio simple estratificado, se escogieron aquellos que cumplen con los criterios de inclusión.

Criterios de inclusión:

- Pacientes de 30 a 60 años.
- Ambos sexos.
- Cirugía laparoscópica.
- Pacientes ASA I Y II.

Criterios de exclusión:

- Pacientes de 18 a 29 años.
- Pacientes ASA III, IV, V Y VI.
- Cirugía colecistectomía convencional.

4.3 MÉTODO, TÉCNICA E INSTRUMENTO

4.3.1 Método

Para la ejecución de la investigación se consideró los lineamientos que exige el método de observación científica, que consiste en la percepción directa de objetos y fenómenos de la investigación.

4.3.2 Técnica

Los datos se recolectaron por medio de la técnica de observación que consiste en visualizar detalladamente personas, fenómenos, objetos. Con el fin de obtener determinada información, que es necesaria para la investigación.

La técnica que se aplicó para el desarrollo de la investigación fue a través de una entrevista preoperatorio y la visualización de los cambios hemodinámicos y respiratorios en el periodo transoperatorio.

4.3.3 Instrumento

El instrumento que se utilizó es una guía de observación para la recolección de datos, por medio de la cual se visualizaran los signos vitales FC, TA, SPO2, CO2 durante el procedimiento quirúrgico.

4.4 PROCEDIMIENTO DEL PROYECTO DE INVESTIGACION

- Se entrevistó al paciente antes de la cirugía programada, donde nos dio a conocer su nombre, edad, si padece de alguna enfermedad, alérgico algún medicamento y su cirugía a realizar y se confirma en el expediente, y se revisaron sus exámenes de laboratorio si se encuentren estables.
- Se llevó el registro de sus signos vitales en el periodo transoperatorio de una manera en físico y/o en el SIS (Sistema Integrado de Salud).

4.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

4.5.1 Consideraciones Éticas:

Se solicitó la autorización al comité de ética del Hospital Nacional General “Enfermera Angelica Vidal de Najarro” para poder llevar a cabo la investigación.

4.5.2 Plan de tabulación y análisis de datos:

El plan de tabulación consiste en la determinación de los resultados de las variables con un procesamiento donde se presentan tablas y gráficos donde se realizarán con el fin de dar una respuesta a los objetivos que se han planteado en la investigación en forma clara y sistémica. Para este procesamiento de datos, tenemos que evaluar y ordenar los datos para poder obtener una información útil, posteriormente se analizaran e ingresaran a una tabla central para poder

ser procesados mediante la ejecución de operaciones necesarias para convertir los datos en informes.

Utilizando la siguiente fórmula: $Fr\% = n/N \times 100$

Donde:

- Fr%: Frecuencia relativa.
- n: Número de casos.
- N: total de la muestra

4.5.3 Plan de tabulación y análisis.

Así se llevó a cabo la tabulación que determina los resultados de las variables al presentar las relaciones entre cada variable que se estudia con el fin de así obtener respuesta al problema y objetivos que fueron planteados. Se lleva a cabo el análisis de los datos obtenidos, son organizados y analizados para que se puedan cumplir con los objetivos planteados, es decir describir como es tratada la información.

CAPÍTULO

V

5.1 ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

La presente investigación se realizó en el Hospital Nacional General “Enfermera Angélica Vidal de Najarro”, San Bartolo, en el periodo de Junio a Julio de 2025.

Con la finalidad de evaluar los efectos causados por la administración de CO₂ sobre la hemodinámica y la función respiratoria, en pacientes a los que se le realizó cirugía colecistectomía laparoscópica ASA I y II, entre 30 a 60 años de edad.

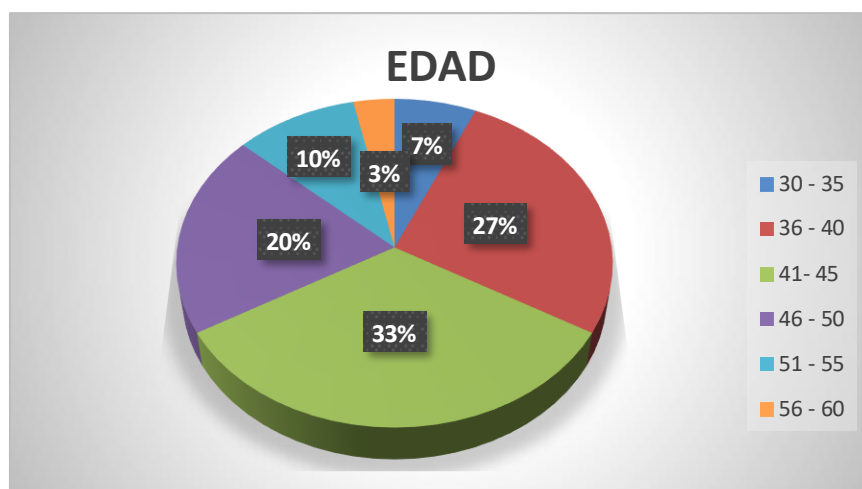
En el estudio se evaluaron datos informativos como la edad, sexo, estadio físico (ASA), también la evaluación de la hemodinámica, presión arterial, frecuencia cardíaca; antes, durante y después de la cirugía, función respiratoria, oximetría de pulso y observaciones adicionales.

Obtuvimos los resultados de la investigación a través de una guía de observación con sus diferentes evaluaciones, se presentan a continuación tablas y gráficos con sus respectivos análisis de datos.

PRESENTACIÓN DE GRÁFICA SOBRE DATOS INFORMATIVOS DEL PACIENTE (EDAD)

Tabla 1. EDAD DE LOS PACIENTES

Edades	Frecuencia	Fr %
30 - 35	2	6.67%
36 - 40	8	26.67%
41 - 45	10	33.33%
46 - 50	6	20.00%
51 - 55	3	10.00%
56 - 60	1	3.33%
TOTAL	30	100.00%



Análisis:

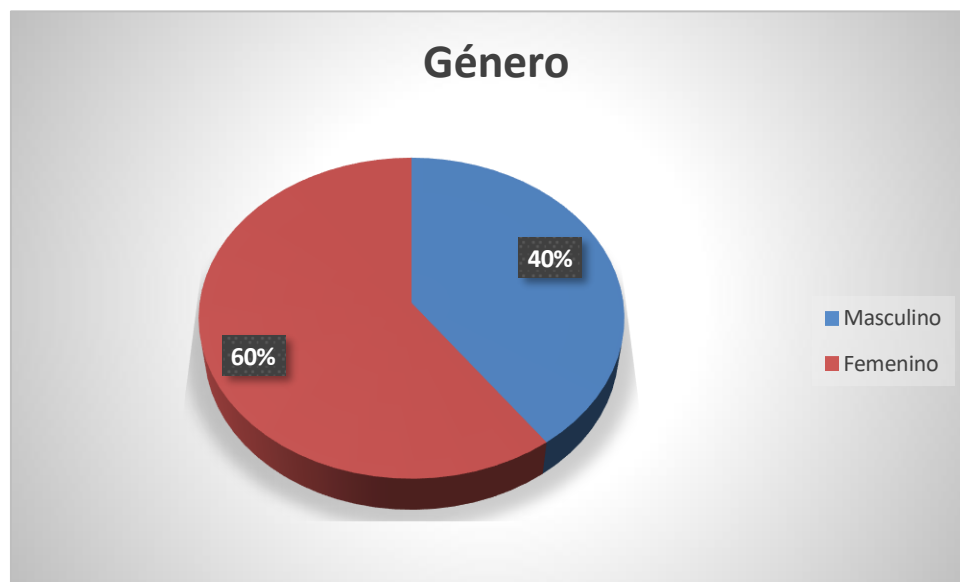
Predominio en el rango de 41 a 45 años: La mayoría de los pacientes (33.3%) se encuentran en este grupo, lo que indica que la mayoría de los participantes están en la etapa media de la edad adulta, posiblemente en una etapa en la que la cirugía laparoscópica es común y segura.

Distribución relativamente equilibrada: Aunque hay un mayor número en el rango de 41-45 años, los otros grupos también tienen una representación significativa, especialmente en 36-40 años y 46-50 años. Menor presencia en extremos de edad: Solo un paciente tiene 56-60 años, lo que puede indicar que la muestra no incluye muchos pacientes en la edad avanzada, o que estos pacientes son menos frecuentes en la población estudiada.

PRESENTACIÓN DE GRÁFICO SOBRE EL GÉNERO DE LOS PACIENTES

Tabla 2. GÉNERO DE LOS PACIENTES

Sexo	Frecuencia	Fr%
Masculino	12	40.00%
Femenino	18	60.00%
TOTAL	30	100.00%



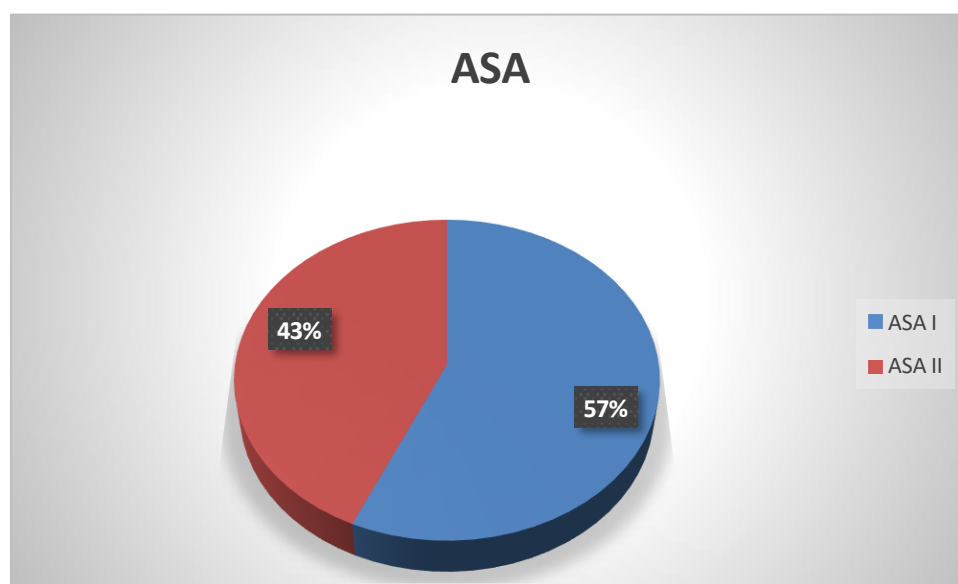
Análisis:

La diferencia en la distribución de género es significativa, con un porcentaje mayor de pacientes femeninos. Esto puede ser relevante para analizar si el género influye en los resultados del estudio o en la respuesta a la administración de CO₂.

PRESENTACIÓN DE GRÁFICO SOBRE EL ESTADIO FÍSICO (ASA)

Tabla 3. ASA DE LOS PACIENTES

ASA	Frecuencia	Fr%
ASA I	17	56.67%
ASA II	13	43.33%
TOTAL	30	100.00%



Análisis:

La mayoría de los pacientes (más de la mitad) se encuentran en la categoría ASA I, lo que indica que son pacientes con condiciones de salud generalmente saludables o con comorbilidades mínimas. Esto sugiere que la población estudiada en su mayoría presenta un menor riesgo anestésico y quirúrgico.

PRESENTACIÓN DE GRAFICOS SOBRE LA EVOLUCIÓN HEMODINÁMICA

Tabla 4. PRESIÓN SISTÓLICA QUE PRESENTARON LOS PACIENTES ANTES DE LA CIRUGIA.

Presión Sistólica	Frecuencia	Fr %
110-119	11	36.67%
120-129	12	40.00%
130-139	7	23.33%
140-149	0	0.00%
150-159	0	0.00%
160-169	0	0.00%
TOTAL	30	100.00%



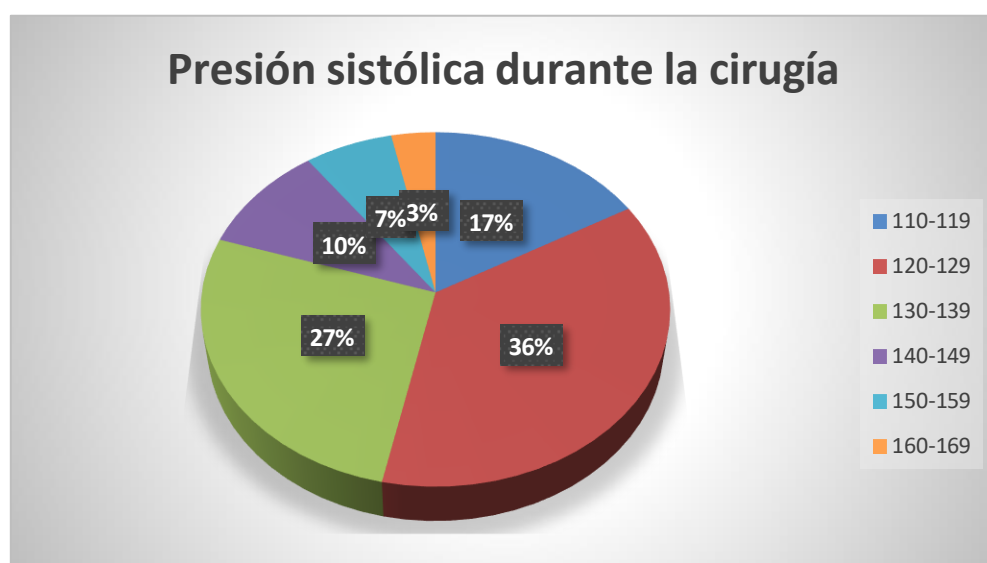
Análisis:

El rango de presión de 120-129 mmHg (naranja) es el grupo con mayor proporción 40%, lo que sugiere que la mayoría de los pacientes evaluados presentaron una presión sistólica ligeramente elevada, aunque aún dentro de lo considerado normal-alto. El rango de presión de 110-119 mmHg (azul) representa un 37% casi tan frecuente como el grupo anterior representando los pacientes con presión sistólica normal baja, lo cual puede ser beneficioso desde el punto de vista anestésico y cardiovascular, al haber menor riesgo de hipertensión intraoperatoria. Es decir, la mayoría de los pacientes (77%) presentaron una presión sistólica preoperatoria dentro del rango normal o normal-alto (110-129 mmHg). Solo un 23% mostró cifras que podrían considerarse elevadas (130-139 mmHg), lo cual indica que

la población evaluada estaba, en general, hemodinámicamente estable antes del procedimiento quirúrgico.

Tabla 5. PRESIÓN SISTÓLICA QUE PRESENTARON LOS PACIENTES DURANTE DE LA CIRUGIA.

Presión Sistólica	Frecuencia	Fr %
110-119	5	16.67%
120-129	11	36.67%
130-139	8	26.67%
140-149	3	10.00%
150-159	2	6.67%
160-169	1	3.33%
TOTAL	30	100.00%



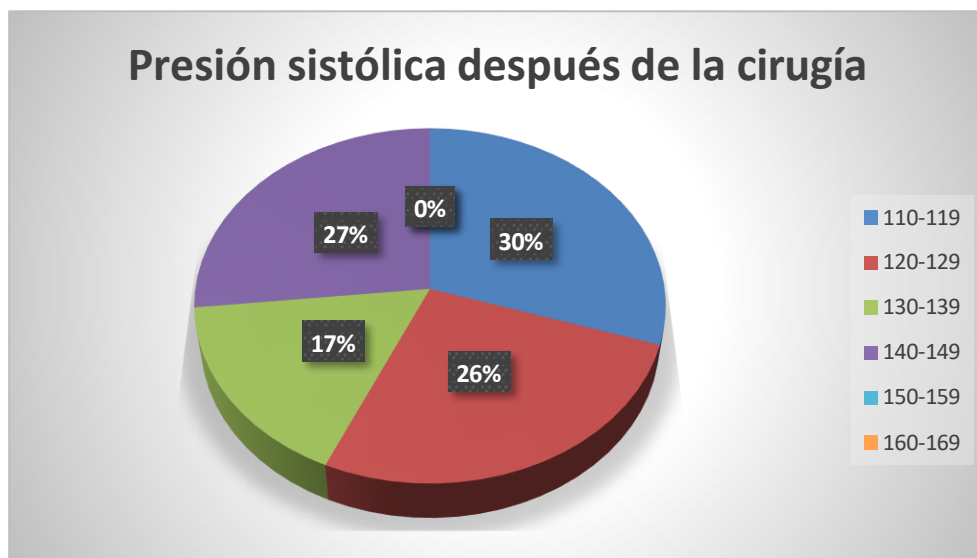
Análisis:

El rango de valor de presión 120-129 mmHg (36%) es el más frecuente durante la cirugía este valor sugiere estabilidad hemodinámica moderada, aunque ligeramente más alta que la media normal. Le sigue el rango de presión 130-139 mmHg (27%) que representa presión sistólica elevada, lo que puede indicar respuesta al estrés quirúrgico o efectos del CO₂ insuflado. Durante la cirugía, la presión arterial sistólica se distribuye hacia valores más elevados en comparación con el periodo preoperatorio, mientras que antes de la cirugía el 77% de los pacientes estaban en el rango 110-129 mmHg, durante la cirugía ese porcentaje baja al 53%. Aumenta la proporción de pacientes con presión entre 130-169 mmHg (47%), lo que indica una respuesta hemodinámica al procedimiento quirúrgico. Esto puede

atribuirse a: estímulos nociceptivos quirúrgicos, insuflación de CO₂, cambios en la profundidad anestésica o analgesia insuficiente.

Tabla 6. PRESIÓN SISTÓLICA QUE PRESENTARON LOS PACIENTES DESPUES DE LA CIRUGIA.

Presión Sistólica	Frecuencia	Fr %
110-119	9	30.00%
120-129	8	26.67%
130-139	5	16.67%
140-149	8	26.67%
150-159	0	0.00%
160-169	0	0.00%
TOTAL	30	100.00%

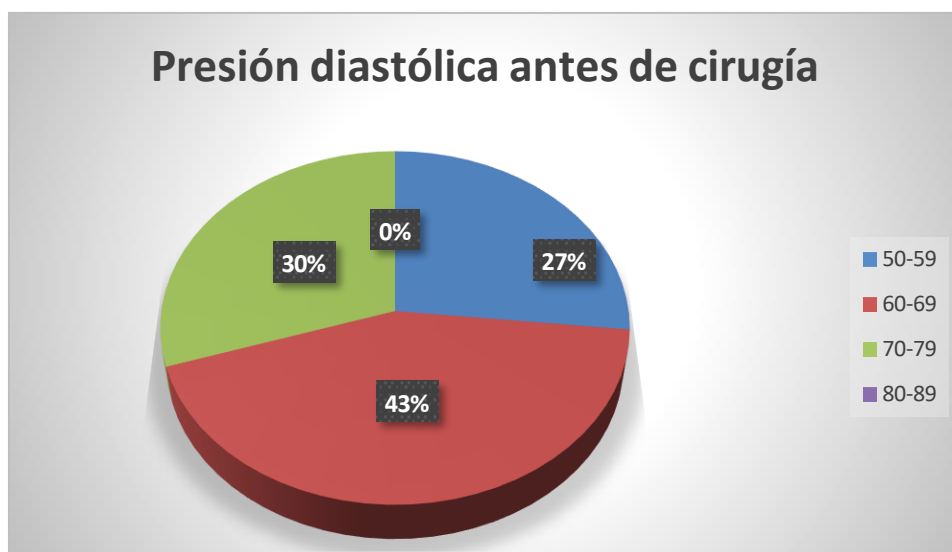


Análisis:

El valor de presión 110-119 mmHg (30%) es el grupo más representado indicando una tendencia a la estabilización de la presión sistólica tras la cirugía. Los valores de presión 120-129 mmHg (26%) ligeramente menor que el grupo anterior se considera presión normal-alta, aceptable en el postoperatorio inmediato. En cambio, los valores de presión 140-149 mmHg (27%) se considera presión elevada, posiblemente relacionada con: dolor postoperatorio, ansiedad, efecto residual de fármacos, respuesta fisiológica del organismo a la cirugía. El grupo que presento una presión de 130-139 mmHg (17%) indicando una presión elevada leve, menor que en el periodo transoperatorio puede estar en descenso respecto a la respuesta al estrés quirúrgico.

Tabla 7. PRESIÓN DIASTÓLICA ANTES DE LA CIRUGÍA.

Presión Diastólica	Frecuencia	Fr %
50-59	1	3.33%
60-69	17	56.67%
70-79	10	33.33%
80-89	2	6.67%
TOTAL	30	100.00%

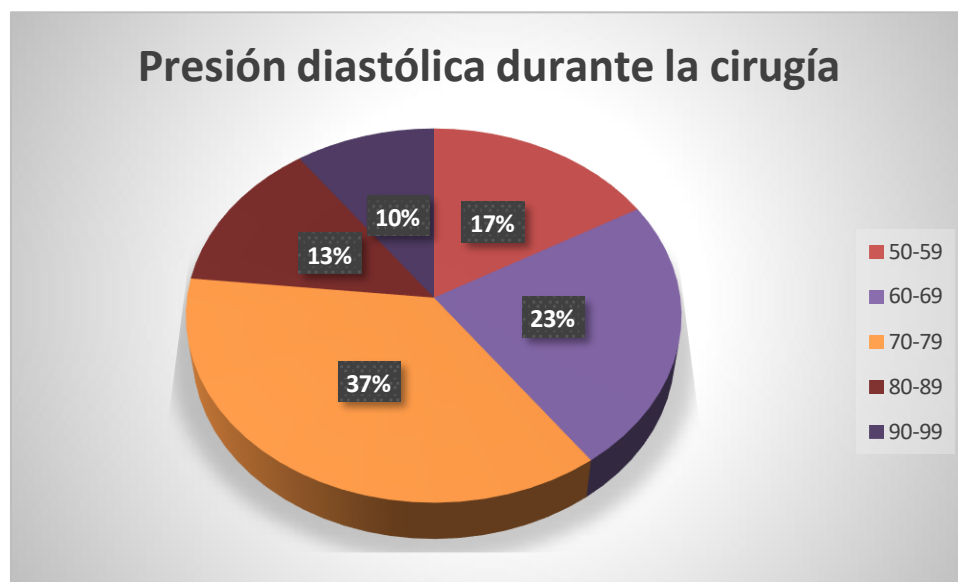


Análisis:

La mayoría de los pacientes tenía una PA diastólica dentro de valores normales previos a la cirugía representado por el (90%). Un pequeño grupo mostró valores bajos o elevados que podrían requerir vigilancia especial en el contexto anestésico-quirúrgico (10%). Este patrón sugiere una población quirúrgica estable desde el punto de vista hemodinámico, con bajo riesgo cardiovascular preoperatorio según este parámetro.

Tabla 8. PRESIÓN DIASTÓLICA QUE PRESENTARON LOS PACIENTES DURANTE LA CIRUGIA.

Presión Diastólica	Frecuencia	Fr %
50-59	5	16.67%
60-69	7	23.33%
70-79	11	36.67%
80-89	4	13.33%
90-99	3	10.00%
TOTAL	30	100.00%



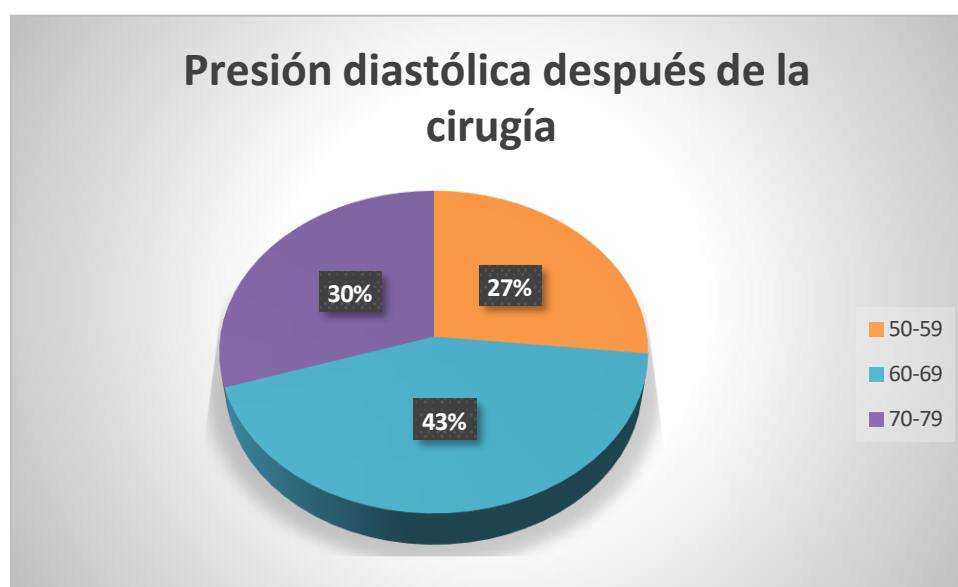
Análisis:

La gráfica muestra la distribución porcentual de la presión arterial diastólica durante la cirugía (Trans Qx). El más frecuente con un 37% es el rango de (70-79 mmHg), indicando una tendencia al aumento de la presión diastólica en algunos pacientes. El rango (60-69 mmHg) representa el 23%, esto muestra una disminución del número de pacientes con cifras óptimas, posiblemente por efectos anestésicos o estímulos quirúrgicos. El rango (50-59 mmHg) aumenta al 17%, puede indicar hipotensión intraoperatoria, tal vez relacionada con agentes anestésicos o pérdidas hemodinámicas. El rango (80-89 mmHg) sube a 13%, aumenta la proporción de pacientes con presión diastólica elevada, lo que podría reflejar

respuesta simpática o dolor mal controlado. El rango (90–99 mmHg) representa el 10% de los pacientes presento una hipertensión diastólica clara, probablemente secundaria a estímulos quirúrgicos, estrés, o manejo anestésico inadecuado.

Tabla 9. PRESIÓN DIASTÓLICA QUE PRESENTARON LOS PACIENTES DESPUES LA CIRUGIA

Presión Diastólica	Frecuencia	Fr %
50-59	8	26.67%
60-69	13	43.33%
70-79	9	30.00%
80-89	0	0.00%
90-99	0	0.00%
TOTAL	30	100.00%



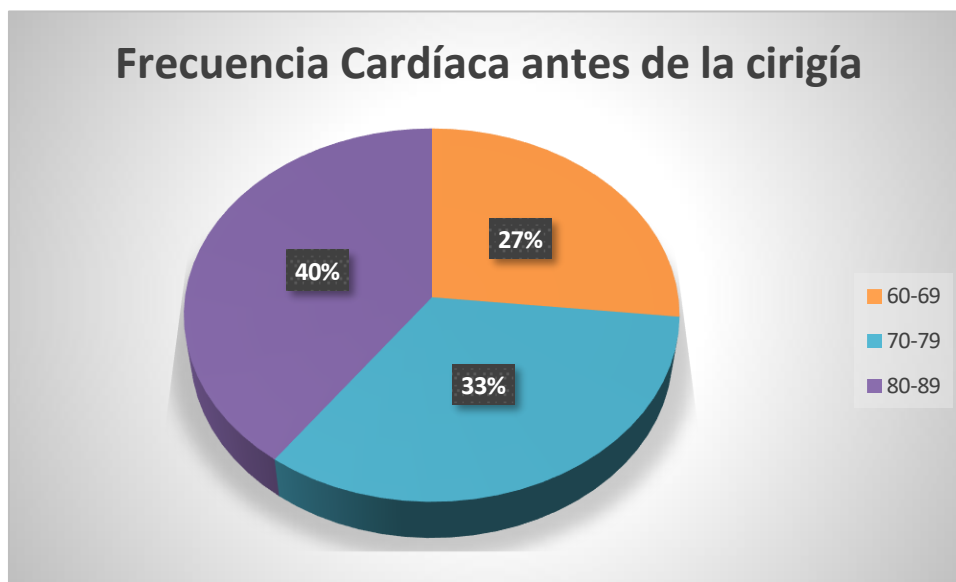
Análisis:

La mayoría de los pacientes presenta una PA diastólica postoperatoria en el rango intermedio (60-69 mmHg) representado por el 43%, mientras que hay una proporción considerable en rangos más altos (70-79 mmHg) representado por el 30%. Esto podría sugerir la necesidad de monitorización hemodinámica cuidadosa en el postoperatorio para evitar complicaciones asociadas con hipertensión diastólica, especialmente si los pacientes tienen antecedentes cardiovasculares. Solo el 27% de los pacientes se encuentra en el rango más bajo (50-59%), lo que podría estar relacionado con hipotensión leve postoperatoria, aunque en algunos casos podría ser un valor normal si no hay síntomas.

PRESENTACIÓN DE GRAFICOS SOBRE LA EVOLUCIÓN HEMODINÁMICA FRECUENCIA CARDÍACA

Tabla 10. FRECUENCIA CARDIACA DE LOS PACIENTES ANTES DE LA CIRUGIA

F. Cardiaca	Frecuencia	Fr %
60-69	8	26.67%
70-79	10	33.33%
80-89	12	40.00%
90-99	0	0.00%
TOTAL	30	100.00%

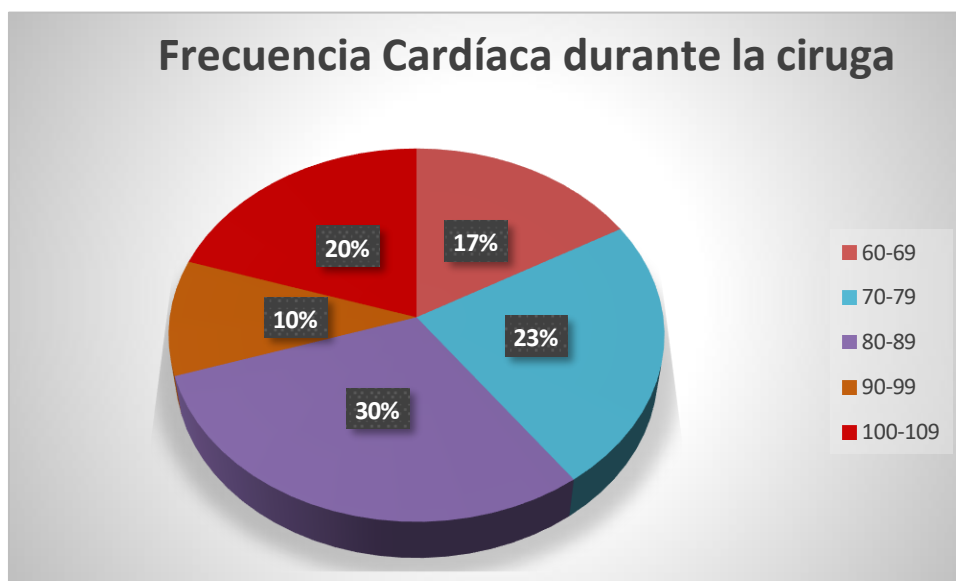


Análisis:

La mayoría de los pacientes tenían una frecuencia cardíaca en el rango de 80 a 89 latidos por minuto, con 12 personas en ese grupo. Le siguen los pacientes con frecuencia cardíaca entre 70 y 79, con 10 personas, y aquellos en el rango de 60 a 69, con 8 pacientes. Es importante notar que no hubo pacientes con una frecuencia cardíaca de 90 a 99 en esta muestra. Este patrón indica que la mayoría de los pacientes tenían una frecuencia cardíaca en rangos considerados normales o ligeramente elevados antes de la cirugía.

Tabla 11. FRECUENCIA CARDIACA DE LOS PACIENTES DURANTE DE LA CIRUGIA.

F. Cardiaca	Frecuencia	Fr %
60-69	5	16.67%
70-79	7	23.33%
80-89	9	30.00%
90-99	3	10.00%
100-109	6	20.00%
TOTAL	30	100.00%

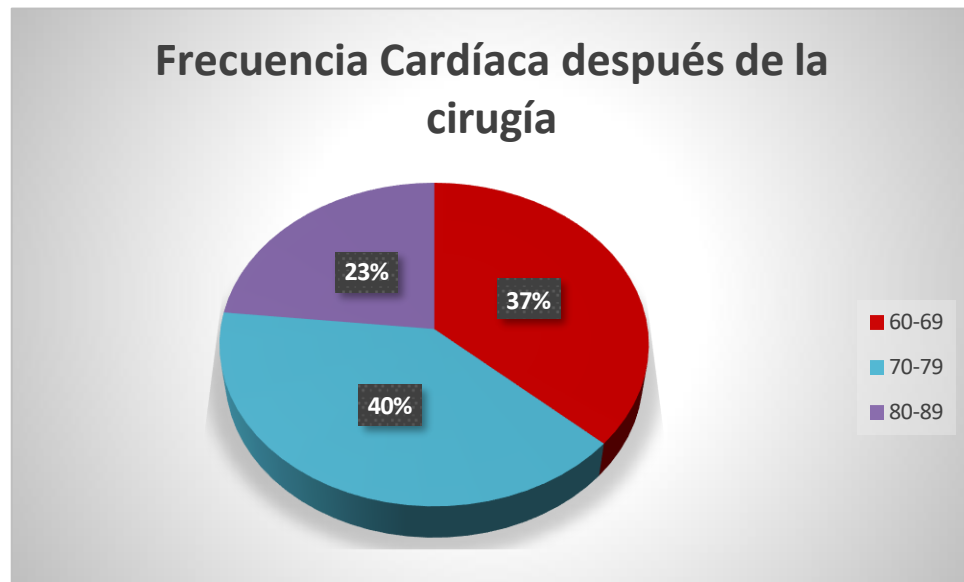


Análisis:

Durante el procedimiento, la mayoría de los pacientes tuvieron una frecuencia cardíaca en el rango de 80 a 89 latidos por minuto, con 9 personas en ese grupo. Le siguen los pacientes con frecuencia cardíaca entre 70 y 79, con 7 pacientes, y aquellos en el rango de 100 a 109, con 6 pacientes. También hay 5 pacientes en el rango de 60 a 69 y 3 en el rango de 90 a 99. Este patrón muestra que, durante la cirugía, algunos pacientes experimentaron un aumento en su frecuencia cardíaca, especialmente en los rangos de 90 a 109, lo cual puede ser una respuesta normal al estrés del procedimiento, la anestesia o la manipulación quirúrgica. Es importante monitorear estos cambios para asegurarse de que la respuesta del corazón sea adecuada y no haya complicaciones.

Tabla 12. FRECUENCIA CARDIACA DE LOS PACIENTES DESPUES DE LA CIRUGIA.

F. Cardiaca	Frecuencia	Fr %
60-69	11	36.67%
70-79	12	40.00%
80-89	7	23.33%
90-99	0	0.00%
100-109	0	0.00%
TOTAL	30	100.00%



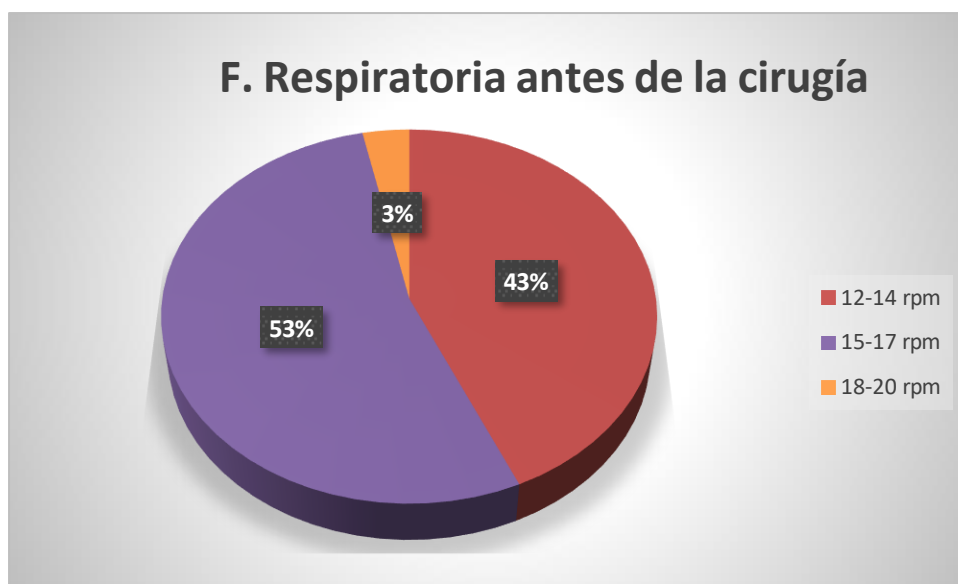
Análisis:

Después del procedimiento, la mayoría de los pacientes tenían una frecuencia cardíaca en el rango de 70 a 79 latidos por minuto, con 12 personas en ese grupo. Le siguen los pacientes con frecuencia cardíaca entre 60 y 69, con 11 personas, y aquellos en el rango de 80 a 89, con 7 pacientes. Este patrón indica que, en general, la frecuencia cardíaca de los pacientes tiende a estabilizarse en rangos considerados normales o ligeramente bajos después de la cirugía. Esto puede reflejar una recuperación adecuada y la respuesta del cuerpo a la intervención.

PRESENTACIÓN DE GRAFICOS SOBRE LA FUNCIÓN RESPIRATORIA

Tabla 13. FRECUENCIA RESPIRATORIA DE LOS PACIENTES ANTES DE LA CIRUGIA.

F. Respiratoria	Frecuencia	Fr%
12-14 rpm	13	43%
15-17 rpm	16	53%
18-20 rpm	1	3%
TOTAL	30	100%

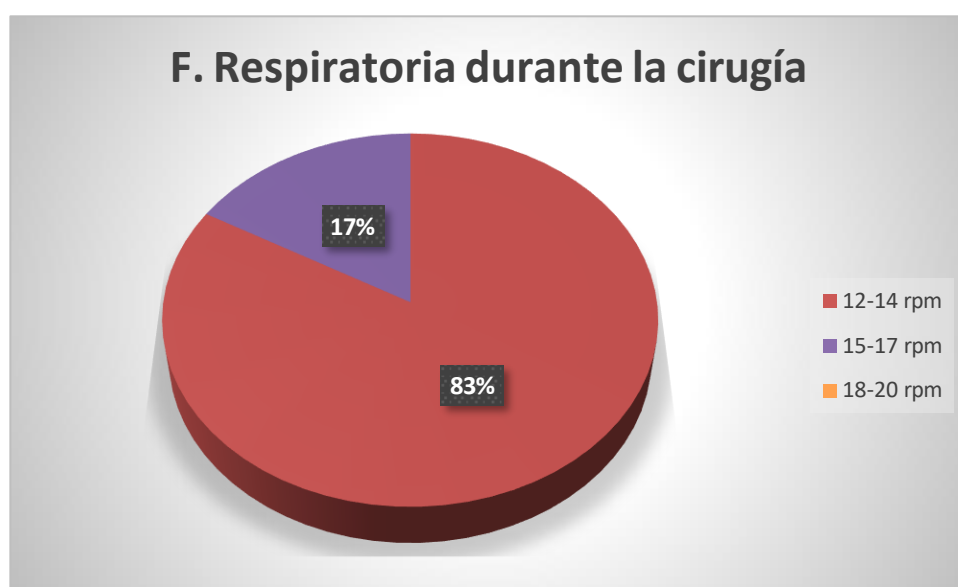


Análisis:

La mayoría de los pacientes (53%) presentaron una frecuencia respiratoria entre 15–17 rpm, dentro del rango normal alto. Un 43% de los pacientes tuvo una FR entre 12–14 rpm, lo cual también se considera normal. Solo 1 paciente (3%) presentó una FR entre 18–20 rpm, lo que podría indicar una taquipnea leve, posiblemente por ansiedad preoperatoria u otros factores. Esto nos quiere indicar que la mayoría de los pacientes se encontraban dentro de un rango de frecuencia respiratoria considerado normal (12–20 rpm), sin evidencias significativas de alteraciones respiratorias previas a la cirugía. Esto sugiere una buena estabilidad respiratoria basal en esta muestra de pacientes

Tabla 14. FRECUENCIA RESPIRATORIA DE LOS PACIENTES DURANTE DE LA CIRUGIA.

F. Respiratoria	Frecuencia	Fr%
12-14 rpm	25	83%
15-17 rpm	5	17%
18-20 rpm		
TOTAL	30	100%



Análisis:

Durante la fase transoperatoria, se observó que el 83% de los pacientes presentaron una frecuencia respiratoria entre 12 y 14 respiraciones por minuto (rpm), mientras que el 17% restante se ubicó en el rango de 15 a 17 rpm. No se registraron pacientes con frecuencia respiratoria entre 18 y 20 rpm. Este hallazgo refleja una tendencia hacia la disminución de la frecuencia respiratoria en comparación con la fase preoperatoria, donde un mayor porcentaje de pacientes presentó frecuencias respiratorias más elevadas. La predominancia del rango 12–14 rpm podría atribuirse a los efectos de la anestesia, que suele inducir un estado de depresión respiratoria leve a moderada, controlada dentro de parámetros ventilatorios seguros.

Tabla 15. FRECUENCIA RESPIRATORIA DE LOS PACIENTES DESPUES DE LA CIRUGIA.

F. Respiratoria	Frecuencia	Fr%
12-14 rpm	19	63%
15-17 rpm	11	37%
18-20 rpm		
TOTAL	30	100%

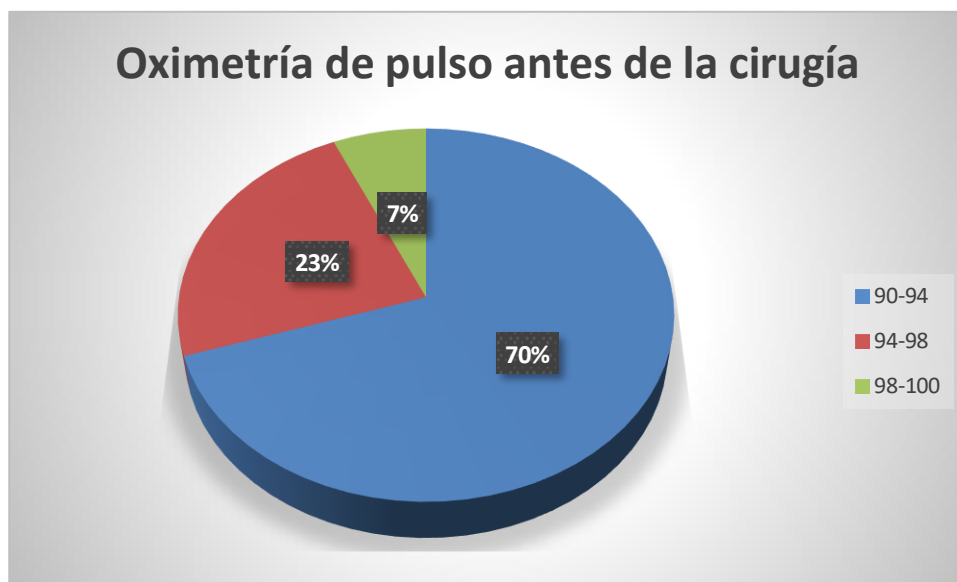


Análisis:

Durante el periodo post operatorio se produce un ligero aumento en la frecuencia respiratoria en comparación con la fase transoperatoria. En esta etapa se observó una recuperación parcial del patrón ventilatorio, con un 63% de los pacientes aún en el rango de 12–14 rpm y un 37% que aumentó a 15–17 rpm, posiblemente relacionado con el despertar anestésico, la percepción del dolor o el inicio de la movilización. No se presentan casos de frecuencia respiratoria elevada (>17 rpm), lo cual indica buena recuperación respiratoria.

Tabla 16. OXIMETRÍA DE PULSO ANTES DE LA CIRUGIA.

Oximetría	Frecuencia	Fr%
90-94	11	36.67%
94-98	10	33.33%
98-100	9	30.00%
TOTAL	30	100.00%



Análisis:

La mayor cantidad de pacientes (11) tiene saturaciones entre 90 y 94%, lo cual indica una saturación ligeramente baja, pero aún dentro de límites aceptables en muchos casos.

Un número similar de pacientes (10) tiene saturaciones entre 94 y 98%, lo que refleja una buena oxigenación.

Un grupo menor (9 pacientes) presenta saturaciones entre 98 y 100%, indicando una oxigenación óptima.

Este análisis sugiere que, en general, los pacientes tienen niveles de oxigenación adecuados antes de la cirugía, aunque algunos presentan valores en el rango inferior, lo que podría requerir atención adicional para asegurar una adecuada oxigenación durante el procedimiento.

Tabla 17. OXIMETRÍA DE PULSO DURANTE DE LA CIRUGIA.

Oximetría	Frecuencia	Fr%
90-94	19	63.33%
94-98	7	23.33%
98-100	4	13.33%
TOTAL	30	100.00%



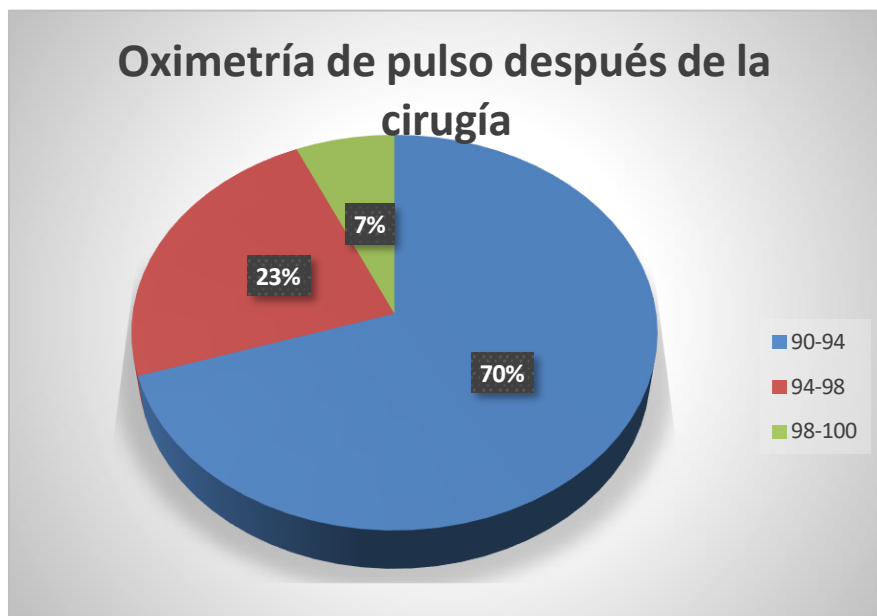
Análisis:

Durante la colecistectomía laparoscópica, la mayoría de los pacientes presentaron niveles de saturación de oxígeno en el rango de 90 a 94%, lo que indica que muchos estuvieron en niveles ligeramente bajos durante la operación. Sin embargo, también hubo pacientes con saturaciones entre 94 y 98%, y algunos alcanzaron niveles óptimos de 98 a 100%, lo que refleja una buena oxigenación en ciertos casos.

Este patrón sugiere que, durante la cirugía, puede haber habido una tendencia a niveles de oxigenación un poco más bajos en comparación con antes del procedimiento, pero en general, la mayoría mantuvo niveles aceptables. Es importante seguir monitoreando estos valores para asegurar una oxigenación adecuada y prevenir complicaciones durante la intervención.

Tabla 18. OXIMETRÍA DE PULSO DESPUES DE LA CIRUGIA.

Oximetría	Frecuencia	Fr%
90-94	21	70.00%
94-98	7	23.33%
98-100	2	6.67%
TOTAL	30	100.00%



Análisis:

Después de la cirugía, la mayoría de los pacientes (21) tuvieron niveles de saturación de oxígeno en el rango de 90 a 94%, lo que indica que algunos aún presentaban niveles ligeramente bajos de oxigenación. Además, 7 pacientes mantuvieron saturaciones entre 94 y 98%, y solo 2 pacientes alcanzaron niveles entre 98 y 100%, mostrando una mejora en la oxigenación en comparación con durante la operación.

Este cambio sugiere que, tras la cirugía, la mayoría de los pacientes experimentaron una recuperación en sus niveles de oxigenación, aunque todavía hay algunos con valores en el rango más bajo. Es importante continuar monitoreando estos niveles para asegurar una recuperación adecuada y prevenir posibles complicaciones.

CAPÍTULO

VI

6.1 CONCLUSIÓN

La presente investigación permitió evaluar los efectos de la administración de dióxido de carbono (CO₂) sobre la hemodinámica y la función respiratoria durante la realización de colecistectomía laparoscópica en pacientes clasificados como ASA I y II, con edades comprendidas entre 30 y 60 años, en el Hospital Nacional General “Enfermera Angélica Vidal de Najarro”, San Bartolo.

Los resultados obtenidos en esta investigación permitieron evidenciar que la administración de dióxido de carbono durante la cirugía laparoscópica genera variaciones significativas en los parámetros hemodinámicos y respiratorios, especialmente durante el periodo intraoperatorio. Estas alteraciones, aunque se mantuvieron dentro de rangos fisiológicos en pacientes sin comorbilidades, reflejan una respuesta orgánica al neumoperitoneo que debe ser monitoreada cuidadosamente para prevenir complicaciones.

Asimismo, el análisis de variables individuales como la edad, el sexo y el índice de masa corporal mostró que dichas características pueden influir en la magnitud de la respuesta hemodinámica y respiratoria. Este hallazgo resalta la importancia de considerar factores individuales en la evaluación preoperatoria para anticipar posibles riesgos y adaptar el manejo anestésico y quirúrgico a las necesidades particulares de cada paciente.

En conjunto, los hallazgos de este estudio aportan evidencia relevante para mejorar la comprensión de los efectos fisiológicos del CO₂ durante la laparoscopia y fortalecen la necesidad de estrategias de vigilancia intraoperatoria que contribuyan a una práctica quirúrgica más segura, eficiente y personalizada.

6.2 RECOMENDACIONES

Monitoreo constante y riguroso: Es fundamental realizar un monitoreo continuo de los parámetros hemodinámicos y respiratorios durante toda la intervención para detectar oportunamente cualquier alteración relacionada con la administración de CO₂.

Control de la dosis y presión de CO₂: Utilizar las dosis y presiones de CO₂ recomendadas por las guías clínicas para minimizar riesgos y evitar complicaciones respiratorias o hemodinámicas.

Capacitación del personal: Asegurar que el equipo quirúrgico y anestésico esté bien capacitado en el manejo de la insuflación con CO₂ y en la interpretación de los cambios fisiológicos durante la laparoscopia.

Protocolización de la anestesia: Implementar protocolos estandarizados que incluyan estrategias para mantener la estabilidad hemodinámica y respiratoria, ajustando la ventilación y la administración de líquidos según sea necesario.

Comunicación efectiva: Mantener una comunicación fluida entre el equipo quirúrgico y anestésico para coordinar acciones y responder rápidamente a cualquier cambio fisiológico.

Preparación para complicaciones: Tener protocolos establecidos para manejar posibles complicaciones relacionadas con la insuflación de CO₂, como hipercapnia, acidosis o alteraciones hemodinámicas.

Evaluación preoperatoria: Realizar una evaluación exhaustiva del estado de salud de los pacientes para identificar posibles riesgos y ajustar las estrategias anestésicas y quirúrgicas en consecuencia.

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Kunak, Dióxido de carbono: elemento vital con impacto significativo, 2025, [consultado 25/04/2025], disponible en: <https://kunakair.com/es/dioxido-de-carbono/>
2. John E. Hall. Guyton y Hall Tratado de Fisiología Médica. 12º edición. 2021.
3. Levitzky Michael. (2011). Fisiología Médica Un Enfoque Por Aparatos Y Sistemas. (1ª edición). Capítulo 31.
4. Rosas, E. Alexanderson. Fisiología Cardiovascular, Renal y Respiratoria. 1ª edición. 2014
5. Wexner D. Steven. Green L. Ray. Libro de Cirugía Laparoscópica Práctica. 2ª edición. 2010.
6. Colecistectomía Extirpación Quirúrgica De La Vesícula Biliar. American College Of Surgeons. Division Medica.2022.
7. Artusi R. Guillermo. Cittadino A. Tripoloni E. Daniel. Técnica De La Colecistectomía Laparoscópica. Edición IV-450.
8. Schwarts. Brunicardi F. Charles. Principios de cirugía. 8ª edición. 2006.

GLOSARIO

Laparoscopia: Exploración visual de la cavidad abdominal, habitualmente con un laparoscopio.

Crioterapia: Es un tratamiento que usa temperaturas extremadamente frías para congelar y destruir células anormales o tejido, principalmente en el ámbito médico.

Terapia de carboxiterapia: Es un procedimiento estético no quirúrgico que consiste en la infiltración de dióxido de carbono (CO₂) en los tejidos subcutáneos para mejorar la oxigenación celular y el flujo sanguíneo.

Insuflación: Se refiere a la introducción de aire, gas, líquido o una sustancia pulverizada en una cavidad u órgano del cuerpo.

Hipercapnia: es la condición en la que hay niveles elevados de dióxido de carbono (CO₂) en la sangre.

Equilibrio ácido-base: Es el balance que mantiene el organismo entre ácidos y bases con el objetivo de mantener un pH constante. La sangre en el organismo tiene un pH ligeramente básico que es importante para el buen funcionamiento del cuerpo.

Árbol traqueobronquial: Es la estructura ramificada del tracto respiratorio que conduce el aire desde la tráquea hasta los pulmones. Está compuesto por la tráquea, los bronquios y los bronquiolos. Su función principal es facilitar el intercambio de gases en los pulmones.

Membrana alveolo-capilar: Es una estructura crucial en el sistema respiratorio donde ocurre el intercambio de gases entre el aire alveolar y la sangre en los capilares pulmonares. Es la barrera que separa los alvéolos y los capilares, donde se produce el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono.

Células claras: Son un tipo de células epiteliales secretoras, no ciliadas, que se encuentran en los bronquiolos, la parte más pequeña de las vías respiratorias en los pulmones.

Células P cardíacas: También conocidas como células del nódulo sinoatrial o marcapasos del corazón, son células musculares especializadas que generan impulsos eléctricos que controlan el ritmo cardíaco.

Vénulas: Son vasos sanguíneos pequeños que conectan los capilares con las venas, formando parte del sistema circulatorio. Su principal función es transportar la sangre desoxigenada de los tejidos hacia las venas, donde luego puede regresar al corazón.

Mucocele biliar: Es la distensión de la vesícula biliar debido a la acumulación de moco y bilis espesa. Esta acumulación puede ser causada por obstrucciones en el conducto cístico, como cálculos biliares, o por alteraciones en la función de la vesícula biliar.

Colelitiasis: es la presencia de uno o varios cálculos (litiasis vesicular) en la vesícula biliar.

Neumoperitoneo: Es la presencia anómala de aire o gas en la cavidad peritoneal, el espacio que rodea los órganos abdominales.

Grasper: Es un instrumento quirúrgico utilizado para agarrar, manipular y sostener tejidos u órganos.

Un trócar: Es un instrumento médico ampliamente utilizado en el ámbito de la cirugía, especialmente en procedimientos mínimamente invasivos como la laparoscopia.

Triángulo de Calot: Es un espacio anatómico crucial en la cirugía de la vesícula biliar, este triángulo se encuentra en el hilio hepático y está delimitado por el conducto cístico, el conducto hepático común y la cara inferior del hígado.

ANEXOS

ANEXO 1

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



EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA ADMINISTRACIÓN DE CO₂ SOBRE LA HEMODINÁMICA Y LA FUNCIÓN RESPIRATORIA DURANTE LA CIRUGÍA COLECISTECTOMÍA LAPAROSCÓPICA, EN PACIENTES ASA I Y II ENTRE 30 A 60 AÑOS DE EDAD, EN EL HOSPITAL NACIONAL GENERAL “ENFERMERA ANGÉLICA VIDAL DE NAJARRO”, SAN BARTOLO, EN EL PERÍODO DE JUNIO A JULIO DE 2025.

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN ANESTESIOLOGÍA E INHALOTERAPIA

PRESENTADO POR

BR. CLARA IVETH FLAMENCO ZELAYA CARNE: FZ19002

BR. DIANA GUADALUPE SANDOVAL LEMUS CARNE: SL19018

ASESOR

LIC. LUIS EDUARDO RIVERA SERRANO

CIUDAD UNIVERSITARIA, “DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA”, AGOSTO 2025.



FACULTAD DE MEDICINA



ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD

LICENCIATURA EN ANESTESIOLOGÍA E INHALOTERAPIA

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN

TEMA: EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA ADMINISTRACIÓN DE CO₂ SOBRE LA HEMODINÁMICA Y LA FUNCIÓN RESPIRATORIA DURANTE LA CIRUGÍA COLECISTECTOMÍA LAPAROSCÓPICA, EN PACIENTES ASA I Y II ENTRE 30 A 60 AÑOS DE EDAD, EN EL HOSPITAL NACIONAL GENERAL “ENFERMERA ANGÉLICA VIDAL DE NAJARRO”, SAN BARTOLO, EN EL PERÍODO DE JUNIO A JULIO DE 2025.

DATOS INFORMATIVOS. (Llenado por el encuestador)

1. EDAD.

- 30 – 35.
- 36 – 40.
- 41– 45.
- 46 – 50.
- 51 – 55.
- 56 – 60.

2. SEXO

- Femenino. Masculino

3. ESTADIO FÍSICO (ASA).

- I
- II

4. EVALUACIÓN DE LA HEMODINÁMICA

1. Presión arterial sistólica (mm Hg):

- Antes de la cirugía: _____
- Durante la cirugía: _____
- Después de la cirugía: _____

2. Presión arterial diastólica (mm Hg):

- Antes de la cirugía: _____
- Durante la cirugía: _____
- Después de la cirugía: _____

3. Frecuencia cardíaca (latidos por minuto)

- Antes de la cirugía: _____
- Durante la cirugía: _____
- Después de la cirugía: _____

4. ¿Se presentaron cambios significativos en la presión arterial o frecuencia cardíaca durante la cirugía?

Sí

No

Si respondió sí, describa: _____

5. EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN RESPIRATORIA

1. Frecuencia respiratoria (por minuto):

- Antes de la cirugía: _____
- Durante la cirugía: _____
- Después de la cirugía: _____

2. Oximetría de pulso (%)

- Antes de la cirugía: _____
- Durante la cirugía: _____
- Después de la cirugía: _____

3. ¿Se presentaron alteraciones en la función respiratoria?

Sí

No

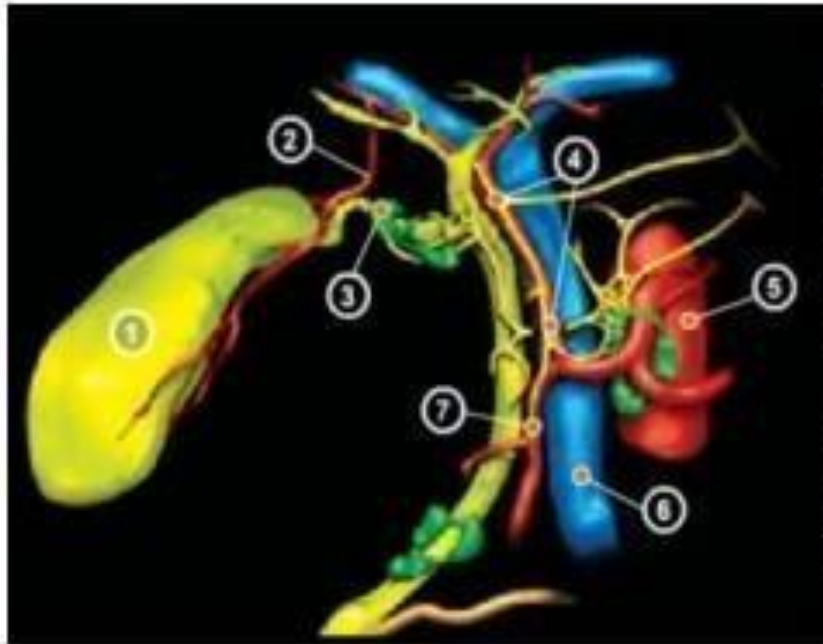
Si respondió sí, describa: _____

6. OBSERVACIONES ADICIONALES

¿Hubo complicaciones relacionadas con la administración de CO₂?

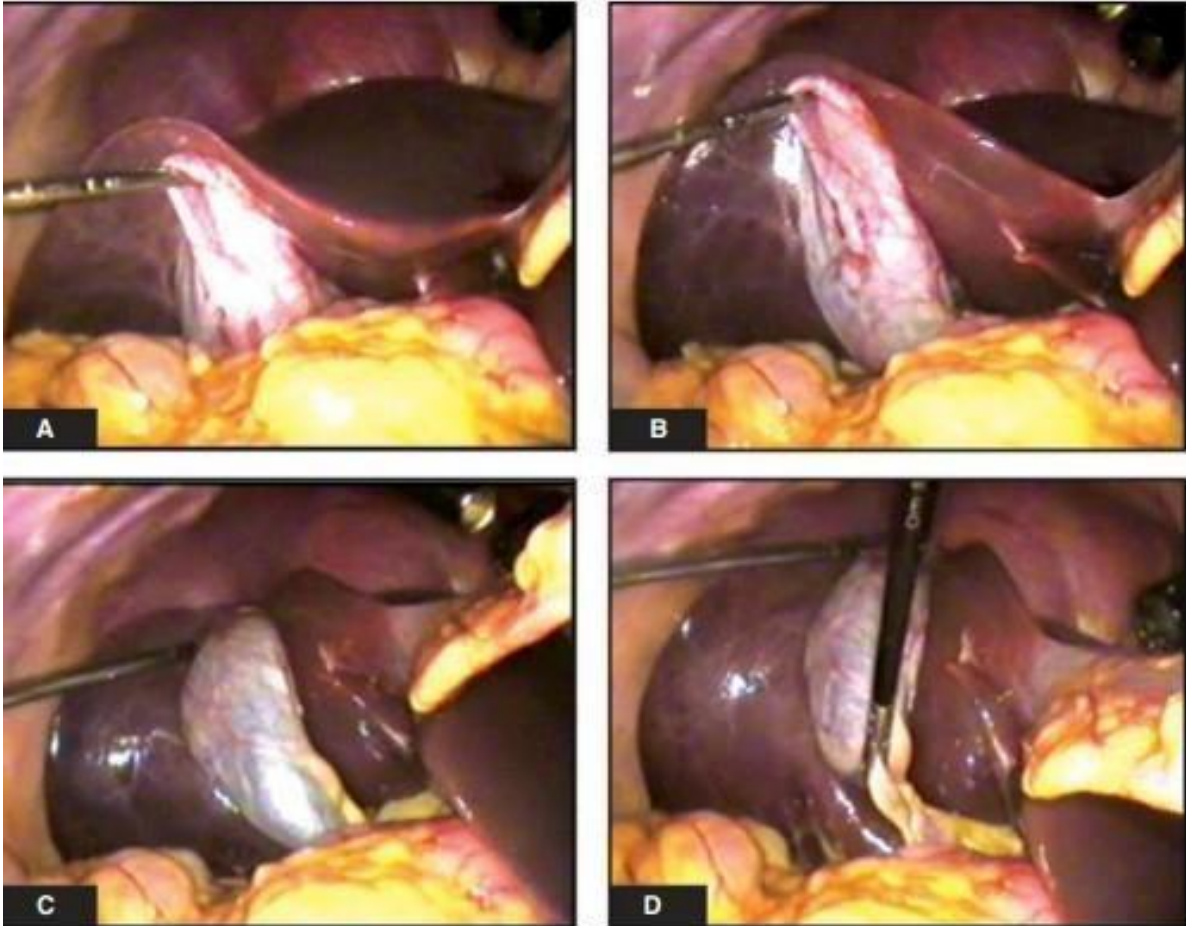
Comentarios adicionales: _____

ANEXO 2



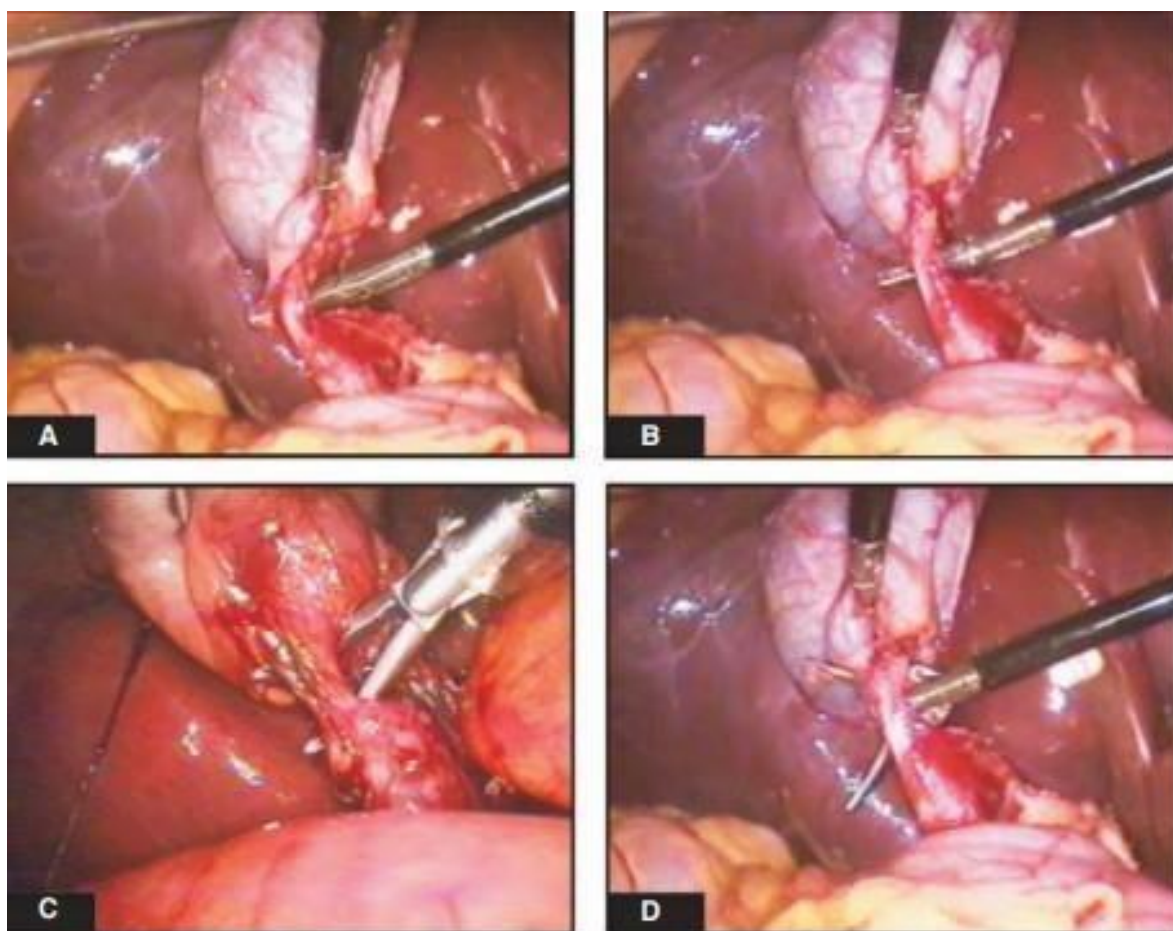
1. Vesícula biliar
2. Arteria cística
3. Ganglio linfático de Mascagn
4. Arteria hepática común
5. Aorta abdominal
6. Vena Porta
7. Arteria Gastro-duodenal

ANEXO 3



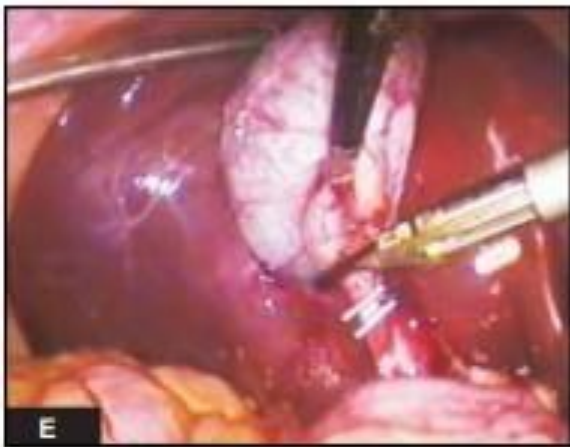
Figuras 12.5 A - D: Tracción adecuada para la exposición del pedículo cístico.

ANEXO 4

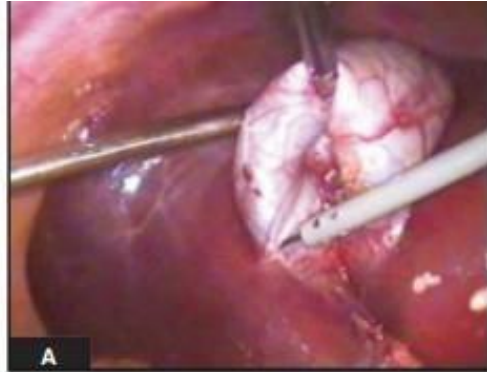


Figuras 12.9 A - D: Conducto cístico es separado de la arteria creando una ventana.

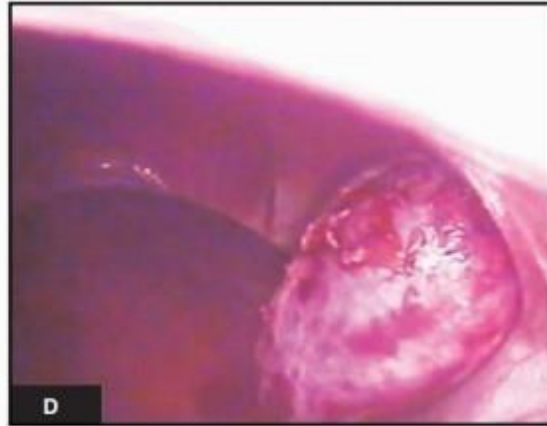
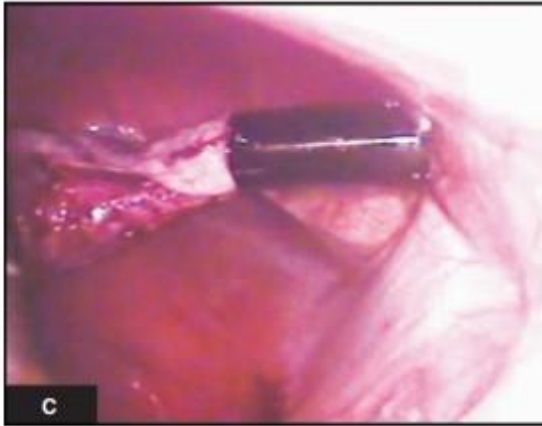
ANEXO 5



ANEXO 6



ANEXO 7



Figuras 12.15 A - D: Extracción de la vesícula.

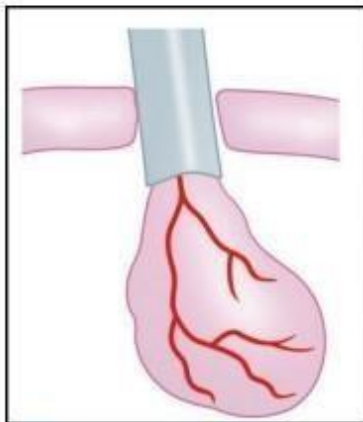


Figura. 12.16: Extracción de la vesícula introduciendo el cuello en la cánula.



Figura. 12.17: Extracción de la vesícula mediante suave tracción hacia fuera.