



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA**

**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
UNIDAD MÉDICA DE ALTA ESPECIALIDAD
HOSPITAL DE CARDIOLOGÍA “DR. LUIS MÉNDEZ”
CENTRO MÉDICO NACIONAL SIGLO XXI**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALIDAD EN
CIRUGÍA CARDIOTORÁCICA**

**“ESTADO ACTUAL DEL CIERRE ESTERNAL EN PACIENTES
POSTOPERADOS DE CIRUGIA CARDIOVASCULAR EN CENTRO
MEDICO NACIONAL SIGLO XXI”**

PRESENTA:

**Dr. Daniel Velasco Ortiz.
Residente de 4to año Cirugía Cardiotorácica.
UMAE Hospital de Cardiología, CMN Siglo XXI,
IMSS Ciudad de México**

TUTORES DE TESIS:

**M. en C. Dr. Jorge Tizoc Olvera Lozano
Médico adscrito Cirugía Cardiotorácica.
UMAE Hospital de Cardiología, CMN Siglo XXI,
IMSS Ciudad de México**

**Dr. Carlos Riera Kinkel
Jefe de División Cirugía Cardiotorácica.
UMAE Hospital de Cardiología, CMN Siglo XXI,
IMSS Ciudad de México**



Ciudad de México, Febrero 2024.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TITULO DE LA TESIS

“ESTADO ACTUAL DEL CIERRE ESTERNAL EN PACIENTES POSTOPERADOS DE CIRUGÍA CARDIOVASCULAR EN CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI”

DR. GUILLERMO SATURNO CHIU

Director de la UMAE
Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo
XXI

DR. ENRIQUE DIAZ Y DIAZ

Director Médico
Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo
XXI

DR. EDUARDO ALMEIDA GUTIERREZ

Director de Educación e Investigación en Salud
Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo
XXI

DRA. KARINA LUPERCIO MORA

Jefe de la División de Educación en Salud
Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo
XXI

MC. JORGE TIZOC OLVERA LOZANO

Tutor de Tesis
Jefe de servicio Cirugía cardiorácica
Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo
XXI

DR. CARLOS RIERA KINKEL

Tutor de Tesis
Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo
XXI



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
DIRECCIÓN DE PRESTACIONES MÉDICAS



Dictamen de Aprobado

Comité de Ética en Investigación **36048**.
HOSPITAL DE CARDIOLOGIA CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI

Registro COFEPRIS **17 CI 09 015 108**
Registro CONBIOÉTICA **CONBIOÉTICA 09 CEI 011 2018073**

FECHA **Jueves, 15 de febrero de 2024**

Maestro (a) JORGE TIZOC OLVERA LOZANO

P R E S E N T E

Tengo el agrado de notificarle, que el protocolo de investigación con título **"ESTADO ACTUAL DEL CIERRE ESTERNAL EN PACIENTES POSTOPERADOS DE CIRUGÍA CARDIOVASCULAR EN CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI"** que sometió a consideración para evaluación de este Comité, de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de los revisores, cumple con la calidad metodológica y los requerimientos de ética y de investigación, por lo que el dictamen es **A P R O B A D O**:

Número de Registro Institucional
Sin número de registro

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

ATENTAMENTE


Doctor (a) Héctor Márquez González
Presidente del Comité de Ética en Investigación No. 36048

Imprimir

IMSS
SEGURIDAD Y SALUD PARA TODOS

AGRADECIMIENTOS.

A mi esposa:

La Dra. Nydia Mora Rivera, quien me acompañó a cada paso, mostrando apoyo incondicional durante todo este viaje. Compartiendo buenos y malos momentos, siempre encontrando mi hogar en ella.

A mi familia:

A mis padres Guillermo y Arcelia y mi hermano Alejandro, quienes siempre estuvieron ahí para levantarme cuando la tarea parecía imposible e impulsarme para alcanzar siempre mis metas

A mis maestros:

Todos y cada uno de ellos quienes han aportado una pieza importante en mi formación con mención especial al Dr. Carlos Riera Kinkel por su gran compromiso como profesor titular del curso, coordinando todas las mañanas nuestro proceso de aprendizaje, así como su apoyo personal y profesional. El Dr. Jorge Olvera Lozano quien deposito en mí su confianza permitiendo desarrollar mis habilidades y destrezas. El Dr. Rutilio Jiménez Espinoza, quien no solo se mostró como un gran maestro en el quirófano, también un gran amigo.

Contenido

1. Resumen	6
2. Marco teórico.....	8
3. Justificación:	29
4. Planteamiento del problema:	30
5. Pregunta de investigación:.....	31
6. Objetivo general:	31
7. Hipótesis:	31
8. Metodología:	32
9. Diseño del estudio:.....	32
10. Muestreo	32
11. Tamaño de la muestra	32
12. Criterios de los participantes:.....	32
13. Operacionalización de variables	33
14. Procedimiento	43
15. Periodo de estudio:	44
16. Tiempo de Seguimiento:	44
17. Análisis estadístico.....	44
18. Aspectos éticos:.....	44
19. Recursos financiamiento y factibilidad:	44
20 Cronograma de actividades	46
21. Resultados	47
22. Discusión.	62
23. Conclusiones.....	63
24. Referencias	64
25. Consentimiento informado:	69
26. Anexos	70

1. Resumen

TITULO: “ESTADO ACTUAL DEL CIERRE EXTERNAL EN PACIENTES POSTOPERADOS DE CIRUGÍA CARDIOVASCULAR EN CENTRO MÉDICO NACIONAL SIGLO XXI”

Antecedentes: La esternotomía media ha sido una herramienta ampliamente utilizada desde su introducción en el año 1957, sin embargo, pese a diferentes técnicas empleadas ampliamente durante las últimas décadas, el riesgo de dehiscencia esternal, generalmente, responde a causas multifactoriales dentro de las cuales la técnica empleada ha mostrado ser crucial importancia. En los últimos años, análisis de vectores tensionales sobre el esternón han mostrado la eficacia de los puntos cruzados sobre los puntos simples en redistribuir la tensión generada sobre la línea media esternal para favorecer el cierre en particular en pacientes de alto riesgo. En nuestro medio, se ha introducido en los últimos 3 años, una variación de esta técnica permitiendo redistribuir el vector de fuerza de una manera diferente evitando así complicaciones apreciadas con otras técnicas.

Objetivo: Describir las diferentes técnicas de cierre esternal, así como la frecuencia de complicaciones relacionadas a la esternorragia presentadas en pacientes sometidos a cirugía cardíaca con abordaje por esternotomía media en el Servicio de Cirugía Cardiovascular del Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI en un periodo de cuatro años.

Material y métodos: Se realizará un estudio descriptivo, retrospectivo, retrolectivo, transversal, en pacientes adultos sometidos a cirugía cardíaca en el periodo de enero 2019 a enero 2023, en quienes se realizó cierre esternal con las siguientes técnicas: Puntos Simples, Cruzado simple, Cruzado largo, Simple con Rieles de sujeción (Robiscek modificado) y multitorsión; mediante la revisión de bases de datos electrónicas, y expedientes clínicos, en búsqueda de las variables de interés en pacientes adultos con patología adquirida sometidos a cirugía cardiovascular con abordaje mediante esternotomía media. Se utilizará estadística descriptiva con

medidas de tendencia central, análisis de distribución y dispersión, se presentarán los resultados mediante gráficas y tablas.

Palabras clave: Cierre esternal, Dehiscencia esternal, Esternotomía

2. Marco teórico

2.1 INTRODUCCIÓN

La esternotomía media (EM) sigue siendo ampliamente utilizada en la cirugía de corazón abierto debido a su simplicidad, seguridad, rapidez y bajo costo. Esta técnica facilita el acceso al corazón y a los grandes vasos. Aunque existen varias técnicas para cerrar el esternón, el método más comúnmente empleado sigue siendo el uso de alambre de acero inoxidable monofilamento (AAIM) en gran medida debido a su asequibilidad. El riesgo de desarrollar una infección en sitio quirúrgico (ISQ) después de una EM oscila entre el 0.2% y el 10%, y las tasas de morbilidad y mortalidad varían entre el 5% y el 25% en caso de que se presente una ISQ.⁽¹⁾

Si la cicatrización del esternón después de una EM no se logra adecuadamente, puede provocar la separación y la dehiscencia esternal (DE) lo que resulta en graves complicaciones esternales que afectan entre el 0.5% y el 2.5% de los casos.⁽²⁾ La DE puede evolucionar hacia mediastinitis, osteomielitis y la formación de un esternón inestable, lo que conduce a una mortalidad del 10% al 40% como resultado⁽³⁾. La estabilidad del esternón es de suma importancia en el cierre esternal (CE). La DE que se desarrolla debido a un esternón inestable es la principal causa de ISQ. Los movimientos causados por la incapacidad de unir los huesos de manera rígida provocan la necrosis de los tejidos circundantes, lo que facilita el crecimiento bacteriano.⁽⁴⁾

Los factores de riesgo preoperatorios para la DE se indicaron como obesidad, EPOC, osteoporosis, insuficiencia cardíaca (clase funcional III-IV de la Asociación de Corazón de Nueva York), corticosteroides, inmunosupresión, diabetes mellitus, insuficiencia renal y esternotomía previa.⁽⁵⁾

La falta de un CE adecuado puede tener consecuencias graves, sobre todo en pacientes mayores con condiciones médicas adicionales. Esto es de gran importancia debido al alto riesgo de complicaciones esternales relacionadas con la

edad avanzada, enfermedades como la EPOC, la diabetes, la insuficiencia renal crónica, la obesidad y la osteoporosis. ⁽⁶⁾

Aunque la EM fue descrita por primera vez por Milton en 1897, fue un procedimiento raramente utilizado hasta su reintroducción por Julián en 1957 ⁽¹⁾ Desde entonces, ha revolucionado el campo de la cirugía al proporcionar un acceso fácil, rápido y sin obstrucciones al corazón y los grandes vasos. Es bien sabido que las condiciones mecánicas en el sitio de una fractura son determinadas por la estabilidad de la fijación y la reapproximación. Estas condiciones mecánicas durante la fase temprana de la cicatrización ósea son factores importantes para el resultado de la osteosíntesis. ⁽²⁾

La EM se ha convertido en una de las osteotomías más comunes realizadas, y el CE utilizando AAIM se ha convertido en el estándar debido a su facilidad de uso, velocidad, tasa relativamente baja de complicaciones y el bajo costo. ⁽⁶⁾

Los métodos comunes de cierre utilizan una serie de AAIM, ya sea de forma interrumpida o en forma cruzada, para asegurar los bordes esternales creados durante la EM, afrontando sus bordes. Sin embargo, todas las técnicas permiten cierto movimiento y separación de los bordes bajo distintas cargas fisiológicas. Estos movimientos mínimos no causarán problemas en la gran mayoría de los pacientes con esternones sanos, a menos que la EM esté técnicamente defectuosa y, en algunos casos, podrían incluso promover una cicatrización ósea más rápida al estimular la formación temprana de callo. ⁽⁷⁾

A lo largo de los años diferentes técnicas han sido evaluadas aparentemente mostrando, en algunos estudios observacionales, ciertas ventajas, sin embargo con una validez externa baja, elevado costo y baja reproductividad; Marasco y sus colegas asignaron aleatoriamente a 120 pacientes a dos grupos: el grupo de cierre estándar con AAIM (n = 60) y el grupo del sistema de cierre externo Zipfix (cierre con placa) (n = 58). Los resultados principales fueron el dolor y los requisitos de

analgesia en el período postoperatorio temprano. Los resultados secundarios principales incluyeron ISQ y movimiento esternal en la ecografía en la visita de seguimiento postoperatorio. Hipotetizaron que las bridas de plástico biocompatibles lograrían una fijación esternal más rígida, reduciendo así el dolor postoperatorio y los requisitos de analgesia. Tres pacientes en el grupo Zipfix tuvieron que ser reabiertos tempranamente debido a sangrado y, curiosamente, fueron a nuevo CE con AAIM en todos estos casos. Además, en los tres pacientes que desarrollaron una ISQ profunda se utilizaron AAIM estándar para el cierre final. No se demostró ningún beneficio evidente en el resultado principal para los pacientes en el grupo Zipfix, y este grupo presentó significativamente más movimiento en el esternón y el manubrio en la ecografía realizada cuatro semanas después de la cirugía. El costo de este tipo de cierre fue casi veinte veces mayor en comparación con el cierre con AAIM. Un CE ideal debería garantizar la estabilidad, una tasa reducida de complicaciones postoperatorias y un período de hospitalización breve, además de ser rentable. La técnica Zipfix no ha proporcionado mejores resultados en comparación con los AAIM. Esto podría deberse a la selección de pacientes de bajo riesgo para quienes se esperaba una baja tasa de complicaciones esternales y cualquier beneficio sería difícil de demostrar. ⁽⁸⁾

2.2 Clasificación

Debido al aumento reciente en las opciones quirúrgicas, se hizo necesario clasificar estas heridas con el fin de ayudar en el proceso de toma de decisiones de los cirujanos sobre la mejor técnica a utilizar y facilitar el intercambio de conocimientos en informes científicos. La primera clasificación fue descrita por Pairolero y Arnold en 1983, basada en el tiempo posoperatorio de aparición de la infección ⁽⁹⁾ (Tabla 1).

Clasificación	Fase posoperatoria en la que ocurre la infección
Tipo I	En la primera semana
Tipo II	Entre 2 y 6 semanas
Tipo III	Después de 6 semanas a años (generalmente son fístulas y osteomielitis crónicas)

Tabla 1 Clasificación de Pairolero Arnald: La clasificación propuesta por Pairolero se basa en el período posoperatorio en el que se desarrolla el proceso infeccioso en la herida quirúrgica.⁽⁹⁾

Posteriormente, Oakley en 1996 utilizó los mismos criterios, pero añadió factores de riesgo para la aparición de la infección inicial y los intentos de tratamiento.⁽¹⁰⁾

Tipo I	Mediastinitis presente hasta dos semanas después de la cirugía en ausencia de factores de riesgo
Tipo II	Mediastinitis presente de 2 a 6 semanas después de la cirugía en ausencia de factores de riesgo
Tipo IIIA	Mediastinitis tipo I en presencia de uno o más factores de riesgo
Tipo IIIB	Mediastinitis tipo II en presencia de uno o más factores de riesgo
Tipo IVA	Mediastinitis tipo I, II o III después de un fracaso en el tratamiento
Tipo IVB	Mediastinitis tipo I, II o III después de un fracaso en uno o más tratamientos
Tipo V	Mediastinitis presente por primera vez después de 6 semanas de la cirugía

Tabla 2 La clasificación reportada en 1996 por Oakley se basa en el período posoperatorio del proceso infeccioso y la presencia de factores de riesgo clínicos.⁽¹⁰⁾

En 1997, Jones et al. sugirieron por primera vez una clasificación basada en el sitio anatómico afectado, pero aún utilizando la presencia de la infección como parámetro (Tabla 3).(11)

Clasificación	Profundidad	Descripción
Tipo 1a	Superficial	Piel y tejido subcutáneo
Tipo 1b	Superficial	Exposición de la fascia profunda suturada
Tipo 2a	Profundo	Exposición del hueso, esternón con sutura de acero estable
Tipo 2b	Profundo	Exposición del hueso, esternón con sutura de acero inestable
Tipo 3a	Profundo	Exposición de hueso necrótico o fracturado, esternón inestable, corazón expuesto
Tipo 3b	Profundo	Tipo 2 o 3 con septicemia

Tabla 3 La clasificación propuesta por Jones en 1997 se basa en el sitio anatómico, además de incluir un tipo que abarca la septicemia.(11)

En 2007, Greig et al. propusieron una clasificación basada en el sitio anatómico afectado (Tabla 4). El autor fue el primero en especificar la extensión vertical de la herida, ya que se reconoce que es más difícil reconstruir la porción inferior cuando se extiende por debajo de la inserción del borde inferior del músculo pectoral mayor. Sin embargo, el concepto de enfocarse únicamente en la ubicación de la herida no se utilizó ampliamente en informes científicos, y las clasificaciones basadas en la infección continuaron siendo las más utilizadas.(12)

Tipo de herida quirúrgica	Extensión de la herida esternal	Tipo de injerto recomendado para la reconstrucción
Tipo A	Mitad superior del esternón	Pectoral mayor
Tipo B	Mitad inferior del esternón	Pectoral mayor combinado con recto abdominal de dos pedículos
Tipo C	Todo el esternón	Pectoral mayor combinado con recto abdominal de dos pedículos

Tabla 4 La clasificación propuesta por Greig en 2007 se basa en la ubicación regional de la herida esternal y el tipo de injerto recomendado para la reconstrucción (12)

La reciente expansión de la variedad de técnicas quirúrgicas y la discusión sobre sus indicaciones demostraron la importancia de la descripción anatómica de la zona afectada para facilitar la comprensión y la discusión de los resultados.

Derivado de estas observaciones Anger et al crearon una clasificación basada en estas consideraciones anatómicas respecto a la profundidad, tipo I, cuando hay pérdida de piel y tejido subcutáneo; tipo II, cuando se expone el hueso; tipo III, cuando hay pérdida de tejido óseo del esternón o las costillas; tipo IV, cuando se expone el mediastino (Tabla 5) se añadió la profundidad definiendo como parcial o total en relación con su extensión vertical y, al final, si está en una posición superior o inferior, considerando como referencia la inclusión del margen inferior del músculo pectoral mayor. ⁽¹³⁾

Clasificación	Tejidos afectados	Ubicación de la herida como extensión vertical
Tipo I	Piel y tejido subcutáneo	Parcial: Superior - Inferior Total: Superior - Inferior
Tipo II	Exposición del esternón o costillas	Parcial: Superior - Inferior Total: Superior - Inferior
Tipo III	Pérdida ósea del esternón o costillas	Parcial: Superior - Inferior Total: Superior - Inferior
Tipo IV	Mediastino expuesto	Parcial: Superior - Inferior Total: Superior - Inferior

Tabla 5 Clasificación propuesta anger basada en cambios anatómicos, teniendo en cuenta la profundidad y la ubicación de la herida quirúrgica. El límite que define la región superior e inferior es la inclusión del margen inferior del músculo pectoral mayor (13)

Reida clasificó la mediastinitis post esternotomía en 5 tipos, acorde con el tiempo de evolución y la infección resultante. (Tabla 6) ⁽¹⁴⁾

Tipo	Descripción
Tipo I	La infección ocurre en las primeras 2 semanas después de la cirugía, en ausencia de factores de riesgo.
Tipo II	La infección ocurre de 2 a 6 semanas después de la cirugía, en ausencia de factores de riesgo.
Tipo III	La infección se presenta en las primeras 2 semanas, con 1 o 2 factores de riesgo.
Tipo IV	La infección se presenta después de haber sido tratada previamente.
Tipo V	La infección ocurre por primera vez más de 6 semanas después de la cirugía inicial.

Tabla 6 Clasificación de Reida (14)

Pese a las múltiples descripciones encontradas en la literatura no se ha podido establecer un consenso sobre el uso de una sobre otra y su utilidad se limita al carácter descriptivo, fuera de la utilidad clínica de las mismas.

2.3 Anatomía del esternón

El esternón es un hueso plano y convexo anteriormente. Está conectado a los primeros siete pares de costillas torácicas a través del cartílago costal. La longitud normal es de 15 a 20 cm. El esternón consta de tres partes principales: el manubrio, el cuerpo (corpus) y el apéndice xifoides. El manubrio es la región más densa del esternón.⁽¹⁵⁾ El cuerpo se fusiona directamente debajo del manubrio; es la parte que conecta las siete costillas con el esternón y es más largo pero más estrecho que el manubrio. El apéndice xifoides se fusiona debajo del cuerpo y no está conectado a ninguna de las costillas torácicas. El esternón está compuesto tanto por hueso compacto (cortical) como por hueso esponjoso. Tiene un mayor porcentaje de hueso esponjoso que de hueso compacto debido a que encierra los pulmones y debe ser capaz de cierta flexibilidad durante la respiración.⁽¹⁶⁾

2.4 Biomecánica del esternón

El esternón durante una tos genera una presión de 5.6 kPa.⁽¹⁹⁾ Su modelo matemático mostró que dicha presión resultaba en una fuerza de 24 kg en comparación con la medición indirecta de 26 kg.

$$T = RLP = 0.17 * 0.25 * 5.6 = 238N (\sim 24 \text{ kg})$$

donde T es la tensión (N), R es el radio externo del cadáver (m), L es la altura del pecho (m), y P es la presión distendida (kPa). Este estudio también demostró que la presión de distensión de una tos normal es de 13.3 kPa, imponiendo una fuerza de 56 kg (555.3 N) en el esternón, mientras que la presión de distensión de una tos máxima alcanzó los 39.9 kPa, imponiendo una fuerza de 168 kg (1666 N).⁽²⁰⁾ Resultados similares fueron presentados por Trumble et al. y Dasika et al., quienes mostraron que, de acuerdo con la ley de Laplace, se imponen fuerzas de 160 N a

400 N y de 550 N a 1650 N en la línea media esternal durante la respiración y la tos, respectivamente.^(19,21,22)

2.5 Tipos de cierre

El uso de AAIM ha sido la técnica estándar para el CE desde 1957 debido a su simplicidad, resistencia, tiempo de cicatrización corto y rigidez. Si bien se ha realizado a lo largo de los años revisiones extensas, de la flexibilidad y resistencia de los materiales empleados, múltiples variaciones a la técnica tradicional han sido evaluadas siendo así el caso de Casha et al. Quienes investigaron seis técnicas diferentes utilizando AAIM no. 5 *Ethibond (Ethicon)* y *Sternaband (StonyBrook Surgical Innovations, Stony Brook, NY)* en donde se emplearon gráficos de curvas de fuerza-desplazamiento. Los tipos de cierre con alambre involucraban AAIM Cierre Simple (CS), Cierre Cruzado (CC), Cierre Multitorsión (MT) y alambres Sternaband. Utilizaron un "dispositivo de acero" como modelo esternal. Se utilizó equipo de prueba de materiales informatizado (Autograph ASG-10 KN, Shimadzu, Japón) para pre-tensionar los alambres alrededor del modelo hasta 10 N. Se utilizó una tarjeta de captura de datos (Amplicon PC20G, Amplicon, Reino Unido) para registrar los datos de desplazamiento cada cuarto de segundo en función de la separación de las dos mitades del modelo del dispositivo a una velocidad de 2 mm/min. Si bien es variable en relación a las características de cada paciente en un adulto se ejerce una tensión centrípeta sobre la línea media del esternón de 3 a 7 kg durante el ciclo respiratorio bajo ventilación mecánica, sin embargo el cambio a una ventilación espontánea no asistida generan entre 9 y 12 kg de fuerza. En pacientes con tórax brevilíneo, portadores de obesidad pueden llegar a generar una tensión que va de los 18 a los 24 kg durante el ciclo respiratorio.⁽²⁰⁾ La fuerza disruptiva se distribuye de manera diferente sobre el esternón, siendo considerablemente mayor en la base del esternón donde esta alcanza su máximo, debido a la disposición de los músculos de la respiración, esta fuerza disminuye hasta un cuarto en la región superior cercano al manubrio esternal. Los accesos de tos se pueden generar fuerzas de más de 150 kg sobre la base del esternón la cual está sometida a una mayor fuerza de disrupción debido a la dirección que presentan los músculos involucrados en la respiración.⁽²⁰⁾ La Tabla 7 resume la comparación

entre las seis técnicas de CE. El AAIM comúnmente empleado presenta una resistencia máxima antes de mostrar deformación de 20 kg, siendo manufacturado de esta forma para su fácil colocación durante el procedimiento, la medición del desplazamiento se realizó en el punto de inicio de la deformación del material (20 kg). La ley de Laplace se utilizó para medir la fuerza máxima de la tos en el esternón después de la EM, ya que los resultados indicaron que todos los alambres pueden perder tensión bajo fuerzas de tos severas, las cuales generan hasta 150 kg a 168 kg de fuerza centrípeta sobre el plano de cierre. Por lo tanto, Casha et al. demostraron que el dispositivo de cierre debe tener un margen de seguridad capaz de soportar el doble de la fuerza máxima aplicada. Este estudio también recomendó el uso de al menos ocho alambres rectos, cuatro alambres en forma de ocho o cuatro alambres de múltiples torsiones demostrando una mejor redistribución del vector de fuerza, disminuyendo el estrés sobre el material y evitando su desplazamiento, pérdida de tensión y tolerancia a la fractura. ^(20,23)

Técnica de Cierre	Desplazamiento (mm) a 20 kg de fuerza	Fuerza Máxima (kg)	Comentario
Recto	0.78 ± 0.19	98.0 ± 4.8	Las pruebas demostraron que la técnica recta proporcionó menos desplazamiento que las técnicas Ethibond y de reparación; todas las tres técnicas se probaron utilizando dos cables.
Ethibond poliéster	9.37 ± 1.01	58.8 ± 1.8	
CS con presencia de fractura de alambre reparada	5.08 ± 0.12	46.0 ± 2.0	
Figura de ocho (cruzados)	1.20 ± 0.20	92.8 ± 1.3	Se utilizó un cable de cada uno durante las pruebas debido a los dobles cordones de cada técnica en comparación con el cable único de las técnicas recta, Ethibond y 'reparación' del recto. La técnica de multi-torsión fue la más estable en comparación con las

			otras técnicas porque se torcieron cuatro cables entre sí en lugar de dos.
Sterna-band	1.37 ± 0.49	73.3 ± 1.5	
Multi-torsión	0.37 ± 0.06	77.1 ± 3.4	

Tabla 7 Desplazamiento a una carga (ciclo 150) comparando cuatro técnicas de cierre con la técnica estándar de acero inoxidable (los valores están expresados en media ± desviación estándar)

Las limitaciones de este estudio incluyeron el análisis solo de la fractura del AAIM y el uso de un modelo esternal de acero que difiere del esternón biológico o cadavérico. A pesar de estas limitaciones, demostraron que la técnica de múltiples torsiones es útil en esternones con sangrado y fracturas, ya que parece poder detener el sangrado en la parte lateral del cierre. Además, la técnica Ethibond se determinó como la mejor técnica para pacientes con un pecho pequeño que no generan fuerzas elevadas en el esternón al toser y aquellos con alto riesgo de dehiscencia y osteoporosis, pacientes pediátricos y ancianos, respectivamente. El uso ventajoso de alambres de múltiples torsiones entrelazados sobre los cierres esternales convencionales o en forma de ocho también fue evidente en un estudio adicional realizado por el mismo grupo. El mismo grupo también realizó pruebas de fatiga en diversas técnicas de cierre (poliéster, en forma de ocho, alambre de acero, bandas esternales y peri esternales) utilizando esternones de oveja para evaluar las tasas de corte del alambre a través del hueso. Se utilizaron muestras esternales de oveja porque el hueso bovino no estaba permitido en el Reino Unido en ese momento y el esternón porcino difiere del esternón humano en forma de quilla. Probaron las técnicas de cierre peri esternal, en forma de ocho, bandas esternales y poliéster contra el cierre estándar de AAIM (grupo de control) ocho veces utilizando muestras pareadas adyacentes. Además, se realizaron ciclos de fatiga entre 1 y 10 kg.^(20,24,25)

Tipo de Cierre	Desplazamiento (mm) Técnica de Cierre de Prueba	Técnica de Control (Estándar de Acero Inoxidable)
Poliéster	1.01 ± 0.17	0.22 ± 0.11
Figura de Ocho	0.52 ± 0.36	0.22 ± 0.17

Sterna-band	0.66 ± 0.26	3.27 ± 2.84
Peri ETERNAL	0.72 ± 0.51	2.14 ± 1.46

Tabla 8 Desplazamiento a una carga de 10 kg (ciclo 150) comparando cuatro técnicas de cierre con la técnica estándar de acero inoxidable (los valores están expresados en media ± desviación estándar).

Se aplicaron cargas en todos los modelos y se midieron los desplazamientos en las cargas mínimas y máximas (Tabla 8). Luego calcularon el porcentaje de corte de cada cierre como el desplazamiento en la carga máxima entre el 1er y el 150º ciclo (Tabla 9).

Tipo de Cierre	Número de Ciclos		
	25	75	150
Cable de Acero	100	100	100
Poliéster	427 ± 157	454 ± 109	453 ± 137
Figura de Ocho	234 ± 72	196 ± 37	232 ± 35
Sterna-band	51 ± 29	34 ± 14	23 ± 8
Peri ETERNAL	43 ± 22	40 ± 14	34 ± 7

Tabla 9 Porcentaje de Corte a Través del Hueso Comparando Cuatro Técnicas de Cierre con la Técnica Estándar de Acero Inoxidable (los valores están expresados en media ± desviación estándar).

Las Tablas 8 y 9 muestran que las técnicas de banda esternal y peri esternal son superiores a los controles de Acero. Además, se requiere precaución al usar la técnica en forma de ocho o de poliéster, ya que está asociada con un corte más rápido en comparación con el modelo de control. Los resultados también mostraron diferentes tasas de corte en el esternón para los cinco tipos de técnicas.⁽²⁵⁾ La superioridad de las bandas esternales sobre los alambres de SS fue contradicha por Cheng et al., quienes compararon la estabilidad biomecánica del cierre con alambre no. 5 de AAIM con tres tipos de técnicas de cierre de banda (cinta Mersilene de 5 mm, banda de plástico de 5 mm y banda de SS de 5 mm) y concluyeron que el cierre con alambre de AAIM es superior a las técnicas de banda esternal en esternones de cadáver.⁽²⁶⁾

En cuanto a las complicaciones postoperatorias, Dogan et al. informaron que el uso de alambres de acero estándar se asocia con osteomielitis, dehiscencia y un período de hospitalización prolongado y un aumento de la morbilidad y mortalidad.

Propusieron el uso de una aproximación externa utilizando un dispositivo de anclaje de sutura (hecho de titanio) que puede superar las principales complicaciones asociadas con los alambres de acero y el corte del hueso externo con alambre. Según las pruebas realizadas en un modelo de cadáver, indicaron que el dispositivo de sutura se recomienda para pacientes con enfermedad ósea metabólica, ya que se asoció con menos complicaciones postoperatorias y facilitó la resonancia magnética (MRI) debido a la compatibilidad del titanio con la MRI.⁽²⁷⁾ Las principales limitaciones de su estudio fueron el tamaño de muestra pequeño, la falta de análisis biomecánico del dispositivo propuesto y la falta de ensayos clínicos. El resultado de este estudio tuvo éxito en el trabajo anterior de Kalush y Bonchek, quienes informaron sobre el éxito de las bandas mediante el cierre peri externo, especialmente para pacientes obesos.⁽²⁸⁾

Muchos otros estudios consideraron diferentes técnicas de alambrado y cableado para la fijación externa. Sin embargo, esto fue contradicho por Gunja et al., quienes informaron complicaciones con estos materiales, incluyendo una mala cicatrización externa, dehiscencia, infección de la herida externa y separación externa en un 0.5-2.5% de los casos.⁽²⁹⁾ Schulz et al. también indicaron que generalmente no logran el nivel necesario de rigidez. Se ha sugerido que una fijación externa rígida utilizando más de seis alambres reduciría la incidencia de infección de herida externa.⁽³⁰⁾ Jolly et al. desarrollaron una nueva técnica llamada "cierre mariposa con cables", que consiste en 12 alambres igualmente espaciados hechos de acero inoxidable (número 6) y se unen entre sí para sostener ambas mitades del esternón.⁽³¹⁾

El diseño de cables para el cierre mariposa disipa las fuerzas impuestas por la tos y otras fuerzas de manera más amplia, lo que minimiza la dehiscencia en contraste con la técnica de cierre de ocho alambres. La efectividad de esta técnica se confirmó cuando cuatro de los seis cables (mariposas) fallaron debido a la tos mientras que el esternón permaneció estable. Otras ventajas incluyen la rentabilidad y la idoneidad para personas con osteoporosis y para pacientes tanto livianos como pesados.⁽¹¹⁾

Los esternones de cadáveres ofrecen mejores resultados que los modelos animales (porcinos, bovinos y ovinos) debido a una estructura anatómica similar; sin embargo, su uso está asociado con varias limitaciones, como la disponibilidad, el precio y la incapacidad para considerar los desafíos clínicos como el sangrado, la osteoporosis, la obesidad y la dirección de las fuerzas aplicadas. Los esternones de bovino y ovino son más preferidos que el esternón porcino debido a su diferente estructura anatómica en forma de quilla. Deben llevarse a cabo ensayos clínicos para una comparación adicional entre alambres de acero inoxidable, bandas y suturas. Además, se requiere más investigación para evaluar las complicaciones postoperatorias asociadas, especialmente en pacientes de alto riesgo que padecen osteoporosis, obesidad, diabetes, esternotomía previa y/o edad avanzada. Por otro lado, en la literatura se discutieron diferentes técnicas de cierre, pero no se han realizado estudios que consideren el desarrollo de un nuevo material con propiedades mecánicas y biológicas mejoradas. ⁽²⁴⁾

En la técnica de Cruzado largo (CL) se utilizan cuatro AAIM para el cierre esternal. El AAIM 1 se aplica atravesando el esternón a través del manubrio, cerca de la primera costilla en el lado izquierdo, cruzando el segundo espacio intercostal en ambos lados y luego regresando al borde derecho del manubrio. Los AAIM 2 y 3 se aplican a través del primer espacio intercostal y las suturas se completan cruzando los alambres a través del tercer y cuarto espacio intercostal, respectivamente. El AAIM 4 se aplica a través del segundo espacio intercostal y cruza caudalmente el quinto espacio intercostal. Esta modificación realizada por Karigyo et al en 2019, pretende emplear conceptos ya conocidos de la biomecánica del CE para traducir la tensión ejercida en la base del tórax donde el tejido óseo en muchos pacientes presenta mayor fragilidad respecto al tejido encontrado en la parte superior mayor firmeza y distribución de los vectores de tensión, con el efecto adicional de mínimo desplazamiento que generalmente se encuentra técnicas con cierres con clips y Robiscek, sin la complejidad de este y con el empleo de una menor cantidad de material de osteosíntesis. Se llevó a cabo un total de 143 operaciones cardíacas utilizando la técnica modificada de cierre esternal durante el período del estudio. El cierre fue realizado por un único cirujano experimentado. No

hubo complicaciones relacionadas con sangrado debido a los cables esternales. Se realizó una reintervención por hemorragia en un paciente debido a la ruptura de un punto de sutura en la aorta ascendente, con un buen resultado postoperatorio. La tasa de mortalidad intrahospitalaria fue del 1.4% (dos pacientes), un paciente falleció a causa de shock cardiogénico y el otro debido a una sepsis de origen pulmonar. El examen clínico confirmó la estabilidad esternal en todos los pacientes a los 30 días después posterior al evento. Dos pacientes (n = 2 o 1.4%) desarrollaron mediastinitis durante su hospitalización y requirieron la extracción de todos los cables junto con la administración de antibióticos. Después de la resolución de la infección, un paciente requirió una reconstrucción quirúrgica utilizando la técnica de Robicsek y el otro mediante el colgajo de avance del músculo pectoral para CE. De hecho, ambos pacientes eran diabéticos dependientes de la insulina y uno de ellos tenía obesidad mórbida. Ninguno de ellos falleció. ⁽³²⁾

2.6 Otras técnicas de cierre esternal

Zeitani et al. propusieron el uso de un dispositivo de Síntesis Esternal (SE) (Mikai SpA, Vicenza, Italia), mientras que Levin et al. propusieron el uso de un dispositivo de Talón Esternal (Sternal Talon) (KLS Martin Group, Jacksonville, FL). El SE es un dispositivo que consta de dos clips hechos de lámina de titanio de 0.7 mm que pueden deslizarse uno dentro del otro. Ambos clips se ubican a cada lado del esternón. La ventaja significativa del SE es que los segmentos horizontales de 5 mm de ancho pueden bloquearse a diferentes longitudes, lo que permite al cirujano adaptar el dispositivo al tamaño del esternón. El estudio se dividió en dos secciones: pruebas mecánicas en 22 esternones artificiales de poliuretano (formados a partir de espuma de poliuretano densa de 20 lbs/ft³) para determinar las fuerzas que causan la falla del implante y, posteriormente, un ensayo clínico para probar el SSD en 45 pacientes. Durante la primera etapa de las pruebas, se aplicó también el cableado (2-3 cables de acero inoxidable No. 5) alrededor del esternón para brindar un soporte adicional. El ensayo clínico involucró a 45 pacientes sometidos a esternotomía mediana para reemplazo de válvula (n = 4) o cirugía de bypass de arteria coronaria (n = 41); todos los pacientes tenían al menos tres factores de riesgo preoperatorios de complicaciones en la herida esternal

(diabetes mellitus, función ventricular izquierda deprimida, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, obesidad y enfermedad vascular periférica) y una esternotomía paramediana defectuosa. El ensayo tenía como objetivo probar el refuerzo esternal con el SE.⁽³³⁾ Las fuerzas máximas (1200 N) a las que los modelos artificiales fallaron durante las pruebas mecánicas están por debajo de la máxima fuerza de los tejidos severa (1600 N). Aunque se observó desplazamiento en todos los modelos, el desplazamiento fue menor para el SE en comparación con el control con cableado. La implantación del dispositivo en cada mitad esternal llevó aproximadamente de 4 a 6 minutos y se siguió a los pacientes durante los primeros tres meses posteriores a la cirugía. Los resultados de los ensayos clínicos no mostraron complicaciones intraoperatorias asociadas con la implantación. Sin embargo, se observó insuficiencia respiratoria postoperatoria en tres pacientes que requirieron ventilación mecánica prolongada y, de esos, un paciente experimentó dehiscencia superficial. Se determinó que el SE reforzado es una técnica prometedora en términos de prevenir la inestabilidad de la herida esternal, especialmente en pacientes con alto riesgo de dehiscencia.^(33,34)

El Talón Esternal (TE) está hecho de titanio y está disponible en forma de una sola pata y de doble pata, lo que aumenta la flexibilidad para su colocación. El estudio sobre el Talón es similar al realizado en el SE, con la distinción de que considera el uso del dispositivo como una alternativa a la técnica de cableado. Los ensayos clínicos del dispositivo involucraron a 42 pacientes (26 hombres y 16 mujeres; con edades de 34 a 84 años) que se sometieron a estabilización esternal después de una esternotomía mediana.⁽³⁵⁾ Al igual que el estudio realizado por Zeitani et al., Levin et al. realizó el procedimiento solo en pacientes con tres o más factores de riesgo para determinar la seguridad y eficacia del dispositivo. Su estudio informó un tiempo reducido de colocación, de 30 minutos a entre 8 y 10 minutos; más largo que los 4 a 6 minutos requeridos para colocar el SE.⁽³⁴⁾ El ensayo resultó en la colocación exitosa del Talón en todos los casos sin informes de muerte, dehiscencia o inestabilidad. Sin embargo, se informó una infección postoperatoria superficial en un solo paciente que se trató con antibióticos orales.⁽³⁵⁾

Los dispositivos de fijación esternal con bloqueo proporcionaron una mejor fijación esternal en comparación con las técnicas de cableado. Sin embargo, estos sistemas requieren un seguimiento a largo plazo. Estudios adicionales realizados por Baskett y Gandy y Moulton revelaron que las técnicas de fijación con bloqueo reducen las principales complicaciones postesternotomía, especialmente en pacientes con factores de alto riesgo como la diabetes, las enfermedades pulmonares, la obesidad y la dehiscencia de la herida. Sin embargo, se requieren investigaciones clínicas adicionales para considerar las complicaciones postoperatorias, especialmente en pacientes de alto riesgo. ^(36,37)

2.7 Sistemas de placas y tornillos

La introducción del sistema de placas y tornillos se basó principalmente en la necesidad de una nueva técnica de fijación esternal que proporcionara más estabilidad que la del cableado o los sistemas de cierre con bloqueo, especialmente en pacientes de alto riesgo, facilitando una cicatrización esternal más rápida y reduciendo la tasa de incidencia de complicaciones postoperatorias asociadas con la esternotomía mediana. La mayoría de las técnicas de placas para la fijación esternal no se habían evaluado mecánicamente, por lo que hay pocos datos que comparen directamente las técnicas de placas y cableado. Gunja et al. realizaron un estudio para determinar la configuración óptima para un sistema de placa esternal en forma de X en términos del número, tipo y ubicación de las placas metálicas. Utilizaron un modelo comercial de esternón hecho de poliuretano (Sawbones, Pacific Research Laboratories, Vashon, WA), y un EM fue tratada con tres placas en forma de X (Walter Lorenz Surgical, Jacksonville, FL). Se aplicó una carga lateral uniaxial a ambas mitades del esternón para medir la distracción relativa. ⁽²⁹⁾ El modelo se probó de manera que cada lado del esternón se cargara en ocho ubicaciones con fuerzas iguales. Durante la prueba, se tomaron 10 medidas de distracción con los cuatro marcadores de calibración de 5 mm (colocados en diferentes regiones esternales) y se calculó la distracción promedio en cada ubicación. ⁽²⁹⁾

Decoteau et al. realizaron pruebas de extracción de tornillos y pruebas de carga cíclica utilizando tornillos tanto para huesos corticales como esponjosos. Las pruebas se realizaron en muestras esternales porcinas para determinar la superioridad de un tipo de tornillo para la fijación esternal rígida. Sus resultados mostraron que la fuerza promedio de extracción de tornillos para huesos corticales fue significativamente menor (28.9 ± 11.74 N) que la fuerza de extracción de tornillos para huesos esponjosos (67.2 ± 10.23 N).⁽²⁴⁾ Fawzy et al. consideraron varias complicaciones y deficiencias asociadas, como el bamboleo y el aflojamiento del tornillo dentro de la placa. Informaron que no existe ningún dispositivo de fijación capaz de proporcionar bloqueo y, posteriormente, resistir fuerzas compresivas para la fijación de las dos mitades del esternón. En respuesta a esto, presentaron un nuevo dispositivo que consiste en un tornillo dentro de otro tornillo (un dispositivo "anti balanceo") para reducir el desplazamiento postoperatorio. El tornillo interior es un tornillo de cabeza plana hecho de acero inoxidable que penetra en la placa ósea, mientras que el tornillo exterior, también hecho de acero inoxidable, se aprieta en el tornillo interior.⁽³⁸⁾

Schulz et al. probaron la aplicación de placas de ocho agujeros en forma de H de titanio puro en un hombre de 28 años que sufrió una fractura horizontal en el esternón durante un accidente en motocicleta. El procedimiento comenzó con una incisión de 8 cm (longitudinal) sobre el esternón no unido, luego se eliminó el tejido fibroso y se injertó hueso esponjoso. Luego, se colocó el dispositivo y se aseguró atornillándolo en el esternón.⁽³⁰⁾

Shifrin et al. aplicaron una fijación de placa de bloqueo esternal (Lorenze) a un hombre de 58 años que tenía una masa mediastínica pulsátil y en aumento ($16 \times 14 \times 14$ cm) después de una operación quirúrgica masiva de pseudoaneurisma aórtico. La cirugía torácica tenía como objetivo la reconstrucción del arco aórtico y implicó la aproximación directa de los bordes esternales utilizando fórceps. Posteriormente, se utilizó la fijación con placas Lorenze, aplicando dos placas en forma de X en el centro del esternón y tres placas curvas en los huesos caudales

(inferiores) y cefálicos (superiores). La construcción permaneció estable sin signos de infección esternal en el seguimiento de tres meses.⁽³⁹⁾

Lopez et al. y Huh et al. discutieron la fijación esternal con placas transversales, conocida como "Sternal Spring". El diseño consta de dos placas de titanio (2,4 mm de grosor) conectadas mediante un pasador de liberación de emergencia y tornillos unilock de titanio (Synthes GmbH, Solothurn, Suiza). López et al.²⁵ propusieron una fijación rígida colocando tres placas en tres costillas torácicas (fijación de costilla a costilla; Synthes CMF, Paoli, PA) y una sola placa en forma de estrella en el manubrio en dos casos de pacientes con DSWI, mientras que Huh et al. utilizaron tres a cinco placas a lo largo del esternón con una sola placa en forma de estrella en el manubrio en 14 casos de pacientes con complicaciones importantes después de la esternotomía, incluyendo dehiscencia crónica (nueve casos), dehiscencia aguda (tres casos) y mediastinitis previa (dos casos).^(40,41)

Otros estudios han considerado diferentes técnicas de placas para la fijación esternal rígida y han reducido la tasa de incidencia de ISQ.

Autores	Técnica de Fijación	Casos Clínicos	Complicaciones Postoperatorias	Comentario
Mitra et al. ⁽⁴²⁾	Placas de fijación de 2,4 mm (Synthes Mandibular Trauma Set; Synthes, Paoli, PA) con alambres de acero inoxidable.	Seis con cierre esternal complicado.	Ninguna reportada. La fijación con alambre/placa proporciona más estabilidad y no presenta complicaciones.	
Song et al. ⁽⁴³⁾	Combinación de placas aseguradas con tornillos bicompartimentales.	45 (26 hombres/19 mujeres); alto riesgo de	Muertes postoperatorias no relacionadas con la técnica de fijación esternal (n = 4).	

		dehiscencia esternal.	Asociado con la fijación (n = 18). La fijación con placas no resultó en incidencia de mediastinitis en comparación con la incidencia debida al cierre con alambre en 28 casos del mismo grupo de estudio.	
Cicilioni et al. ⁽⁴⁴⁾	Tres placas de titanio de bloqueo Synthes de 2,4 mm (mínimo).	50	Formación de seroma (n = 5 pacientes). Sangrado (n = 2). Dehiscencia del músculo pectoral (n = 1). Unión ósea incompleta (n = 1). Infección recurrente tardía (n = 1).	Curación completa en el 98% de los pacientes.
Raman et al. ⁽⁴⁵⁾	Sistema Sternalock (Jacksonville, Florida) con tornillos auto-perforantes monocorticales.	320 con tres o más factores de riesgo de DSWI, divididos en el grupo S (n = 105, fijación con placa rígida) y el grupo control (n = 215).	12 casos de muerte (3.75%) en el grupo S y 18 casos de mediastinitis mortal reportados en el 13% de los controles (p < 0.05). Ninguna mediastinitis en el grupo S.	Técnica adecuada para pacientes de alto riesgo.

Plass et al. ⁽⁴⁶⁾	Técnica de placas transversales (Synthes TM , Suiza).	Tres casos con infección externa e inestabilidad.	La técnica resultó en una fijación externa estable.	
Voss et al. ⁽⁴⁷⁾	Técnica de placas transversales (Synthes TM , Suiza); tornillos unilock autoperforantes con placas de titanio de 2,4 mm.	15 con falta de unión externa	Extracción de placas en tres pacientes debido al dolor postoperatorio; una muerte (no relacionada con la fijación).	La técnica proporciona una fijación estable con dehiscencia externa complicada.
Chou et al. ⁽⁴⁸⁾	SternaLock (Biomet MicroExation Inc, Jacksonville, FL).	Dos casos con fijación externa inestable.	No se reportaron complicaciones. El sistema puede proporcionar una fijación externa rígida después de una esternotomía mediana.	
Fawzy et al. ⁽³⁸⁾	Tres placas de costillas con una placa manubrial única (Sistema de Fijación Externa de Titanio, Synthes).	40 casos.	Dos casos desarrollaron SWI.	La técnica puede ser utilizada eficazmente en casos con inestabilidad externa.

Tabla 10 Sumario de evidencia del cierre externo por placa de fijación.

La literatura discute varias técnicas de placas para la fijación externa. Los investigadores presentaron la superioridad de estas técnicas sobre los sistemas de cables en cuanto a estabilidad y reducción de complicaciones postoperatorias.

También presentaron su superioridad sobre los sistemas de bloqueo en términos de una mayor estabilidad y una reducción adicional de complicaciones postoperatorias. Además, mostraron su idoneidad para pacientes de alto riesgo. Sin embargo, la literatura también mostró diversos desafíos asociados con las técnicas de placas. Como se discutió anteriormente, el uso de modelos de esternón artificial se considera una limitación en el sentido de que los autores no pudieron considerar las complicaciones postoperatorias que podrían encontrarse durante la situación clínica. Por otro lado, la estabilidad del dispositivo de placa depende en gran medida de la ubicación de las placas y la carga posterior. Otras técnicas de placas consideraron el aflojamiento de los tornillos.⁽⁴⁸⁾ Se presentó que la distracción en la técnica de placa de tornillo ocurre principalmente debido al aflojamiento del tornillo. Los autores sugirieron que la atención debe dirigirse hacia la geometría del roscado del tornillo, que está directamente relacionada con la resistencia a la fatiga de la técnica de fijación esternal. Por lo tanto, se desarrolló el dispositivo "bloqueador" que era capaz de proporcionar tanto el bloqueo como la resistencia a las fuerzas que causan el aflojamiento o la extracción del tornillo. Además, el desarrollo del sistema de placas en forma de H49 mostró un rendimiento positivo; sin embargo, los autores informaron la necesidad de una placa más delgada (<5 mm) para permitir tornillos más pequeños.⁽²⁴⁾

2.8 Cemento de fijación.

En la década pasada se tomó en consideración el empleo de biomateriales con fines de fijación, mejor conocidos como cementos de osteosíntesis (CO) con el fin de superar las principales complicaciones postoperatorias y facilitar el breve período de hospitalización de recuperación. La literatura confirmó que el uso de CO no resultó en evidencia de infección, dehiscencia o falta de unión. CO no se disolvió a un pH sanguíneo y es el único CPC capaz de aceptar clavijas y tornillos directamente después de endurecerse. Esto indica que este tipo de cemento puede reemplazar el uso de placas además de proporcionar los materiales biológicos requeridos que se reabsorberán durante el período de seguimiento. Por otro lado, se descubrió que el uso clínico del CO *Kryptonite* era adhesivo y no se asoció con infección ni migración del cemento.⁽⁴⁹⁾

Las limitaciones de las técnicas de cementación incluyeron el tamaño de muestra pequeño, la falta de un grupo de control la falta de pruebas en modelos animales, y la incapacidad para identificar la tasa de remodelación esternal, obtener una exploración preoperatoria para todos los pacientes y considerar otras fuerzas además del estrés lateral.⁽⁵⁰⁾

En general, los cementos presentan un amplio campo para futuras investigaciones en el campo de la fijación esternal. La novedad puede lograrse mediante el desarrollo de un material que pueda proporcionar la respuesta biológica requerida (se espera que supere las principales complicaciones postoperatorias) y la resistencia (que imite las fuerzas fisiológicas impuestas).

3. Justificación:

Debido a las dinámicas y transformaciones epidemiológicas que enfrenta nuestra sociedad, hemos observado en el hospital de cardiología una marcada tendencia al alza en los factores de riesgo asociados con la dehiscencia esternal entre la población atendida. Este fenómeno preocupa particularmente por la creciente prevalencia de enfermedades y condiciones como la diabetes mellitus, obesidad, sobrepeso, osteoporosis y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Además, es pertinente destacar la alta incidencia de reoperaciones en nuestra región, que añade otra capa de complejidad al panorama.

En los últimos años, las técnicas de cierre esternal se han diversificado notablemente. Estas innovaciones buscan optimizar el cierre, considerando especialmente los vectores de fuerza de disrupción a los que se somete el esternón. Aunque estas técnicas comparten características similares, en algunas de ellas, la cantidad de material de osteosíntesis que se utiliza se ha identificado como un factor de riesgo para la formación de granulomas. Por otro lado, ciertas técnicas, en particular aquellas cuyo anclaje transfiere la presión hacia el arco condrocostal, han intensificado las preocupaciones relacionadas con el dolor postoperatorio, lo que, en ocasiones, ha llevado a la necesidad de retirar el material de osteosíntesis.

A pesar de que se han tomado medidas y protocolos para la correcta utilización del material de osteosíntesis, las dehiscencias esternales que surgen como consecuencia de fracturas continúan presentándose con una frecuencia alarmante. En nuestra unidad, enfrentamos retos adicionales: el uso de dispositivos especializados, como Tritium y cables esternales, es limitado debido a su alto costo. Ante este escenario, se han buscado y desarrollado alternativas usando el material de osteosíntesis disponible, con el objetivo de mejorar el pronóstico y ofrecer una atención de calidad a nuestros pacientes. Esta situación ha propiciado una profunda reflexión y análisis en la comunidad médica, impulsando la búsqueda y adopción de diferentes técnicas de cierre esternal con el objetivo primordial de mejorar los resultados y reducir las complicaciones postoperatorias. Sin embargo, aún enfrentamos un vacío de información sobre cómo estas nuevas metodologías se comportan y adaptan a nuestro contexto local.

4. Planteamiento del problema:

En el hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI, anualmente se efectúan entre 950 y 1300 intervenciones quirúrgicas que requieren de una EM. Con el transcurrir del tiempo, hemos observado una creciente prevalencia de pacientes que presentan múltiples factores de riesgo para dehiscencia esternal. En aras de enfrentar este desafío y salvaguardar el bienestar de nuestros pacientes, hemos optado por implementar variaciones significativas a la técnica convencional de cierre esternal buscando traspolar datos de publicaciones internacionales a nuestro entorno. Esta adaptación tiene como propósito primordial minimizar las probabilidades de complicaciones postquirúrgicas, ya sean de naturaleza inmediata o que puedan surgir a largo plazo, destacando cinco métodos principales de cierre esternal: el empleo de puntos simples, Cruzado, Cruzado largo, con rieles de sujeción y Multitorsión. Es esencial evaluar con rigurosidad científica el desempeño postquirúrgico inherente a cada técnica, con especial énfasis en las complicaciones postoperatorias. Este profundo análisis no solo servirá para proporcionar una comprensión integral del panorama

actual, sino que también sentará las bases para la estandarización de procesos, garantizando así que el Centro Médico Nacional Siglo XXI continúe siendo un referente de excelencia y vanguardia en el ámbito quirúrgico.

5. Pregunta de investigación:

En pacientes manejados con cirugía cardíaca mediante abordaje por esternotomía media, ¿Cuál es la prevalencia de complicaciones postoperatorias relacionadas al cierre esternal, de acuerdo al tipo de cierre esternal utilizado?

6. Objetivo general:

Conocer la frecuencia con la que se han realizado las diferentes técnicas de cierre esternal, así como las complicaciones postoperatorias observadas de acuerdo al tipo de cierre esternal utilizado en pacientes sometidos a cirugía cardíaca con abordaje por esternotomía media.

6.1 Objetivos específicos:

Conocer la frecuencia de las diferentes técnicas de cierre esternal realizadas en los pacientes.

Conocer la frecuencia en que se presentó dolor crónico en cada grupo de acuerdo a la técnica de cierre esternal.

Conocer la frecuencia de presentación de granulomas en cada grupo de acuerdo a la técnica de cierre esternal.

Conocer la frecuencia en que se presentó dehiscencia esternal en cada grupo de pacientes de acuerdo a la técnica de cierre esternal.

7. Hipótesis:

Estudio descriptivo no requiere hipótesis

8. Metodología:

7.1 Población Diana: Pacientes manejados con cirugía cardíaca mediante abordaje por esternotomía media en la UMAE Hospital de cardiología CMNSXXI, de enero de 2019 a enero de 2023

7.2 Población Accesible: Pacientes adultos manejados en el hospital de cardiología, con patología cardiovascular con manejo quirúrgico mediante el abordaje de esternotomía media.

9. Diseño del estudio:

- Nivel investigativo y diseño: Descriptivo
- Según la intervención: Observacional
- Según la direccionalidad: Retrospectivo
- Según la obtención de la información: Retrolectivo
- Según el número de mediciones: Transversal

10. Muestreo

- Muestreo de población no probabilístico por conveniencia

11. Tamaño de la muestra

Estudio descriptivo no requiere calculo de muestra

12. Criterios de los participantes:

12.1 Criterios de inclusión

- Pacientes sometidos a cirugía cardíaca dentro del periodo de estudio.

12.2 Criterios de exclusión:

- Pacientes que requirieron reanimación con masaje cardiaco con el esternón cerrado.
- Apertura esternal paraesternal parcial o total accidental
- Mediastinitis sin dehiscencia.
- Pacientes con cierre diferido esternal por empaquetamiento
- Datos incompletos o inconclusos en registros médicos
- Pacientes con patología cardiovascular congénita
- Pacientes con alteraciones de la mineralización ósea como el hiperparatiroidismo y los síndromes paraneoplásicos diagnosticados en el perioperatorio.

13. Operacionalización de variables

Variable	Definición Teórica	Definición Operativa	Tipo De Variable	Indicador
Edad	Medida cronológica que abarca el tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta el momento.	Cantidad de años que un ser ha vivido desde su nacimiento, se obtiene de nota de ingreso	Discreta	Edad en años
Género	Identidad sexual de los seres vivos, la distinción que se hace entre Femenino y Masculino,	Femenino y masculino	Dicotómica	1. Femenino 2. Masculino
Peso	Cantidad de masa que alberga el cuerpo de una persona	Peso en kilogramos. Se obtiene de hoja de enfermería	Continua	Kilogramo

Talla	Medida de la longitud del paciente de pie a cabeza	Estatura en metros. se obtiene de hoja de enfermería	Continua	Centímetros
Índice de masa corporal	razón matemática que asocia la masa y la talla de un individuo	Resultado de la división masa / talla donde la masa se expresa en kilogramos y el cuadrado de la estatura en metros al cuadrado. Se obtiene de hoja de enfermería	Continua	Kg/m ²
Superficie corporal	Es la medida o cálculo de la superficie del cuerpo humano	Método de cálculo logarítmico del número de metros cuadrados de superficie corporal de un individuo a partir de su altura en centímetros y su peso en kilogramos y una constante: 0,007184. Se obtiene de hoja de enfermería	Continua	Kg x m ²
STS score	Puntaje pronostico que permite estimar mortalidad en el postoperatorio	Porcentaje esperado de mortalidad estimada en el periodo postoperatorio específico para las características que	Continua	Porcentaje

		presenta el paciente . se obtiene de nota de valoración de cirugía		
Euro score II	Escala de pronóstico internacionalmente aceptada para determinar el pronostico en cirugía cardíaca.	Porcentaje de mortalidad en el postoperatorio. Se obtiene de nota de valoración de cirugía	Continua	Porcentaje
Tiempo total de DCP	Tiempo transcurrido desde la entrada a circulación extracorpórea y la salida de la misma	Tiempo total de derivación circulatoria para mantener paradas y vacías las cavidades cardíacas sin dejar de perfundir el resto del organismo. Se obtiene de nota post quirurgica	Numérica Continua	Minutos
Tiempo total PAO	Tiempo transcurrido desde que el cirujano coloca la pinza aórtica hasta que la retira	Procedimiento quirúrgico en el cual se aísla al corazón de la circulación sistémica mediante el uso de una pinza vascular, puede ser total o parcial. Se obtiene de nota post quirurgica	Numérica Continua	Minutos

Uso de AMII	En la revascularización miocárdica, la arteria mamaria interna izquierda es retirada de su posición habitual para ser usada como injerto. Disminuyendo así el flujo sanguíneo al esternón	Disección de la arteria mamaria interna izquierda, para su uso en como injerto en la revascularización miocárdica. Se obtiene de nota post quirurgica	Categórica dicotómica	Si No
Diabetes	Estado patológico complejo en el cual se encuentra disminuida la producción y/o la actividad de la hormona insulina, generando una disminución de la captación y utilización de la glucosa.	Diagnostico referido dentro de los antecedentes del paciente, o bien diagnosticado durante su estancia intrahospitalaria, contenido en el expediente clínico.	Variable categórica dicotómica.	Sí / No
FEVI preoperatoria	Medida porcentual estimada por ecografía sobre la contractilidad del Ventrículo izquierdo.	Porcentaje de contractilidad del ventrículo izquierdo . se obtiene de reporte de ecocardiografía	Continua	Porcentaje
EPOC	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica que ocasiona alteraciones en la microarquitectura de los sacos alveolares ocasionando	Las manifestaciones en las estructuras oseas de esta enfermedad son volumétricas ocasionando un torax	Categórica Dicotómica	Si No

	alteraciones del tipo del atrapamiento aéreo	con aumento de su diámetro anteroposterior, hipertrofia de los músculos de la respiración por la espiración activa y tos. Se obtiene de nota de valoración de cirugía		
Osteoporosis	Se refiere aun padecimiento caracterizado por la perdida trabecular de la mineralización del tejido óseo generando alteraciones que afectan la firmeza del mismo siendo propensos a fracturas como resultado de una perdida del balance entre el deposito de minerales y su remodelado	Alteraciones propias de la edad adulta, como resultado de causas multifactoriales que generan importante fragilidad ósea. Se obtiene de nota post quirurgica	Categoría Dicotómica	Si No
Diagnóstico de Cardiopatía isquémica	Enfermedad arterial coronaria secundaria a aterosclerosis, que ocasiona oclusión y suboclusión al flujo sanguíneo coronario	Diagnóstico de cardiopatía isquémica, que requiere manejo quirurgico con bypass coronario siendo este el motivo de la	Categoría Dicotómica	Si No

	ocasionando los territorios del miocardio irrigados por estos vasos.	intervención quirúrgica. Se obtiene de nota de valoración de cirugía		
Diagnóstico de enfermedad valvular	Enfermedad de carácter adquirido o congénito que altera la funcionalidad de las válvulas cardíacas ocasionando su disfunción con patrón regurgitante estenosante o ambos	Es el diagnóstico de enfermedad valvular que requiere manejo quirúrgico el cual es abordado de manera quirúrgica para su corrección con implante valvular o plastia de la misma. Siendo este el diagnóstico principal por el que es llevado a cirugía. . se obtiene de nota de valoración de cirugía	Categórica dicotómica	Si No
Diagnóstico de patología aórtica ascendente	Se refiere al grupo de alteraciones adquiridas y genéticas las cuales ocasionan alteraciones del tipo aneurismáticas, o disecantes que requieren manejo quirúrgico	Es el diagnóstico de patología aortica el cual requiere manejo quirúrgico para su corrección siendo este el diagnóstico principal por el cual es llevado a procedimiento quirúrgico . se obtiene	Categórica Dicotómica	Si No

		de nota de valoración de cirugía		
Numero de procedimientos realizados	En cirugía cardiaca es frecuente la realización de multiprocedimientos, en los cuales se realiza tratamiento de más de 1 válvula cardiaca o bien revascularización miocárdica y manejo valvular concomitante	Es el diagnóstico de patologías mixtas valvulares, isquémicas, o multivalvulares que requieren corrección en el mismo procedimiento . se obtiene de nota post quirurgica	Numérica discontinua	1 2 3
Fractura esternal advertida durante el procedimiento	Se refiere a la fractura producida por la manipulación ejercida por instrumental de retracción y la procuración de la arteria mamaria interna izquierda.	Es la perdida de la continuidad de 1 o ambas corticales esternales derivado de la manipulación quirúrgica la cual requiere fijación durante el transoperatorio. Se obtiene de nota post quirurgica	Categórica Dicotómica	Si No
Dehiscencia esternal	Se refiere al diagnóstico de dehiscencia en el cual los bordes esternales se separan pese a la presencia de material de	Diagnóstico de dehiscencia esternal el cual deberá ser sospechado clínicamente, por presencia de	Categórica Dicotómica	Si No

	osteosíntesis, principalmente derivado de la fractura del tejido oseoso y/o fractura del material de osteosíntesis	inestabilidad esternal, crepitación a la palpación, alteraciones en la ventilación secundarias a la pérdida del retroceso esternal (recoil), en presencia o no de alteraciones en los tejidos blandos y la piel. Corroborado mediante estudio de imagen, tomografía simple de tórax, donde se aprecia una separación en más de 2/3 del esternón de al menos 3 mm. Se obtiene de nota de valoración de cirugía		
Re esternotomía	Se refiere a la reintervención quirúrgica mediante este abordaje con fines de nueva corrección de las estructuras cardiacas y/o pericárdicas	La reintervención por re esternotomía supone todos los eventos más allá del intervalo de los primeros 7 días posteriores al procedimiento. La complejidad de la	Categorica Dicotómica	Si No

		<p>disección de las estructuras subyacentes aumenta de manera exponencial en estos casos por las adherencias de las estructuras pericárdico esternales y cardio esternales. Siendo además un riesgo importante para sangrado y fractura esternal generalmente requiriendo reforzamientos especiales. Se obtiene de nota post quirurgica</p>		
Granuloma	Alteraciones en los tejidos blandos, secundarias al proceso de inflamación crónica sobre el material de osteosíntesis.	Diagnóstico de granuloma durante el periodo de seguimiento en donde se presentan alteraciones clínicas en la superficie cutánea caracterizados por una lesión papular eritematosa, indurada	Categórica Dicotómica	Si No

		<p>y dolorosa exudativa, la cual puede estar complicada con la colonización e infección activa de un agente microbiano. La cual fracasa al tratamiento conservador y tiene que ser realizado el retiro de material de osteosíntesis. Se obtiene de nota de valoración de cirugía</p>		
Dolor crónico	<p>Presencia de dolor en los sitios correspondientes al material de osteosíntesis, 8 semanas después de adecuada cicatrización de la piel y tejidos blandos en ausencia de dehiscencia externa.</p>	<p>Diagnóstico de dolor crónico en los sitios de la esternotomía, exacerbados a la palpación de los sitios de material de osteosíntesis, sin alteraciones clínicas observables en la superficie y tejidos blandos en presencia de adecuada cicatrización de la piel el cual requiere tratamiento farmacológico y/o</p>	<p>Categorica dicotómica</p>	<p>Si No</p>

		retiro de material de osteosíntesis. Se obtiene de nota de valoración de cirugía		
Tipo de Cierre esternal empleado	Se refiere a la técnica con la cual se realizó la osteosíntesis con alambre quirúrgico.	Es la creación mediante alambre quirúrgico de un sistema de sostén ante las fuerzas de disrupción ejercidas sobre el plano de la esternotomía, con las técnicas, Cruzado, cruzado largo, simples, multitorsión y simples con rieles de sujeción. Se obtiene de nota post quirúrgica.	Categórica Nominal	<ul style="list-style-type: none"> - Simples - Cruzados - Cruzados largos - Multitorsión - Simples con rieles de sujeción.

14. Procedimiento

Se realizará mediante una evaluación de los censos y listas de programación quirúrgica dentro del periodo de estudio una lista de escrutinio para identificar a los pacientes en quienes se realizó esternotomía media, Se procederá a una revisión de expedientes donde se aplicarán criterios de inclusión y exclusión, se recopilarán los datos de las variables de interés en el formato correspondiente, en el periodo de enero 2019 a enero 2023. Se completará la búsqueda en el expediente electrónico de las variables de interés y se procederá a realizar el análisis estadístico y redacción de resultados.

15. Periodo de estudio:
Enero 2019 a enero 2023

16. Tiempo de Seguimiento:
6 meses.

17. Análisis estadístico

- Se utilizarán herramientas de estadística descriptiva. Descripción de frecuencias, medias, desviación estándar o medianas, modas y rangos intercuartílicos de acuerdo con la distribución.

18. Aspectos éticos:

El presente estudio se realizará de acuerdo a los lineamientos éticos de la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, Junio 1964, por la 29a Asamblea Médica Mundial Tokio, Japón, Octubre de 1975. Nota de Clarificación del Párrafo 29, agregada por la Asamblea General de la AMM, Washington 2002. Nota de Clarificación del Párrafo 30, agregada por la Asamblea General de la AMM, Corea 2008 y a lo establecido en el Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud en sus artículos 17, 100 y 101.

Toda la información se manejará respetando el anonimato y en forma confidencial del participante, así como apegados a los principios de no maleficencia, autonomía y justicia.

Acorde con lo contenido en el artículo 17 de la ley general de salud en materia de investigación para la salud, en el inciso I se considera como investigación sin riesgo ya que emplea técnicas de investigación documental de carácter retrospectivo.

19. Recursos financiamiento y factibilidad:

19.1 Recursos humanos

- Médico Cirujanos cardiotorácicos, médicos residentes de cirugía cardiotorácica.

19.2 Recursos materiales

- Material de papelería
- Equipo de cómputo (institucional y el propio de los investigadores)
- Expedientes clínicos del hospital de cardiología centro médico nacional siglo XXI y registros electrónicos

19.3 Recursos Financieros

Todos los recursos materiales son los empleados en la práctica clínica habitual y por motivos de este estudio no se requiere algún gasto extraordinario y están considerados en el presupuesto del Servicio Médico Integral. No se requiere de presupuesto externo.

19.4 Factibilidad

El estudio es factible de realizar en la UMAE Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI ya que se realizan de 700 a 1300 procedimientos abordados por esternotomía media; A lo largo de 5 años de aplicación de estas se ha encontrado vigente. Los datos requeridos son reportados de manera sistemática en la nota postquirúrgica y en las notas de seguimiento

20 Cronograma de actividades

Año	2023-2024					
Mes	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
Actividad						
Búsqueda bibliográfica						
Elaboración de marco teórico						
Elaboración de antecedentes						
Integración de la metodología de la investigación						
Presentación ante comités						
Obtención de lista primaria a partir de registros internos y censos						
Revisión de expedientes, aplicación de criterios de inclusión y exclusión, llenado de formato de recolección de datos						
Análisis estadístico.						
Redacción de resultados						
Presentación de resultados						

21. Resultados

Durante el período de estudio se realizaron 3256 cirugías con abordaje por EM por cirugía cardiovascular de derivación cardiopulmonar en el periodo de estudio de las cuales se descartaron 176 por ser pacientes con cardiopatía congénita como diagnóstico base. 21 pacientes presentaron reanimación postquirúrgica con masaje cardíaco en tórax cerrado. 97 pacientes presentaron tratamiento crónico con corticosteroides. Cuatro pacientes desarrollaron enfermedades neoplásicas en el seguimiento y se excluyeron debido a la duda sobre la participación de alteraciones en la resorción ósea. Se excluyeron 319 pacientes debido a la falta de datos completos en el expediente electrónico y se eliminaron 109 más por no contar con el expediente físico en archivo. Setenta y dos pacientes presentaron apertura paraesternal accidental, motivo de su exclusión. Cinco pacientes presentaban diagnóstico de hiperparatiroidismo en el perioperatorio. Ciento sesenta y dos pacientes fallecieron antes de completar el tiempo de seguimiento, por diversas causas, en particular choque postcardiotomía, sepsis de foco pulmonar, sepsis de tejidos blandos y sangrado. Ciento cincuenta y nueve pacientes presentaron mediastinitis en el postoperatorio mediato. Dejando un total de 2132 pacientes para análisis.

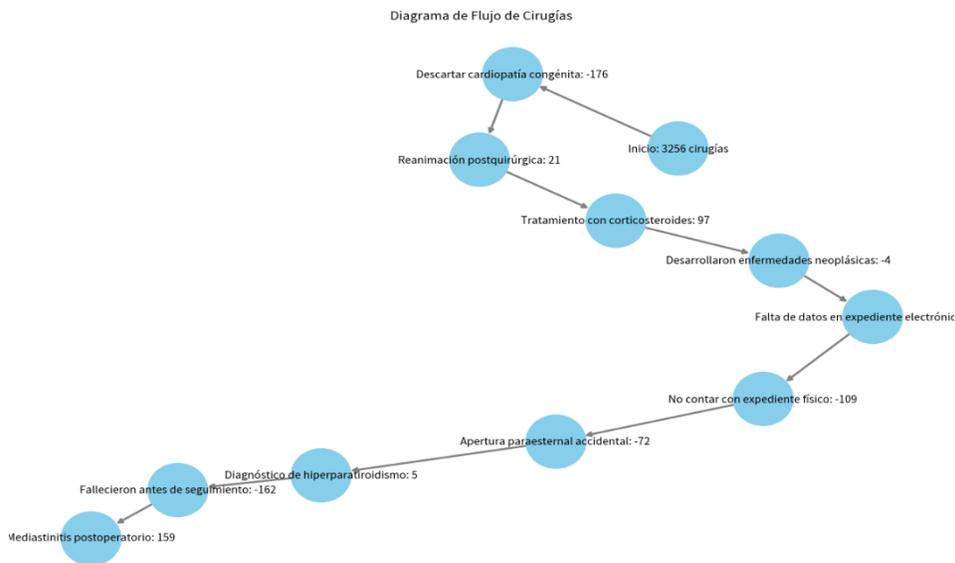


Ilustración 1: Flujograma de elección de casos con 2132 casos para análisis posterior a la aplicación de los criterios del protocolo

Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana
Edad	2132	0	54.592	0.199	9.205	25.000	48.000	55.000
peso	2132	0	80.266	0.395	18.224	49.000	64.000	81.000
talla	2132	0	168.97	0.170	7.83	156.00	162.00	169.00
FEVI	2132	0	49.880	0.266	12.270	29.000	39.000	50.000
IMC	2132	0	29.592	0.106	4.901	21.002	25.282	29.600
Superficie corporal	2132	0	1.6741	0.00281	0.1295	1.4503	1.5635	1.6747

Variable	Q3	Máximo
Edad	61.000	72.000
peso	96.000	111.000
talla	176.00	182.00
FEVI	60.000	71.000
IMC	33.747	37.996
Superficie corporal	1.7834	1.8998

Ilustración 2. Tabla de variables poblacionales

Con una mediana de edad de 55 años, IQR 48 a 61 IC 95%, con un peso con mediana de 81 kg IQR 64-96 kg IC 95% , talla con una mediana de 169 cm con IQR de 162 a 176 cm IC 95%, el índice de masa corporal presento una mediana de 29.6 con un IQR de 25.2 a 33.7 IC 95% , la Superficie corporal presento una mediana de 1.67 con un IQR de 1.56 a 1.78 IC 95% .

Gráfica circular de Sexo

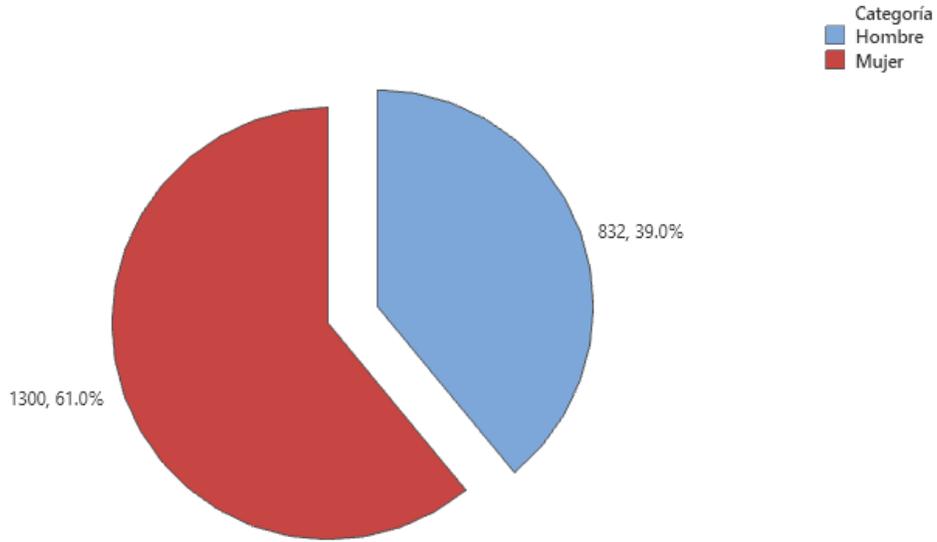


Ilustración 3 Grafica circular de sexo

Gráfica de caja de Edad

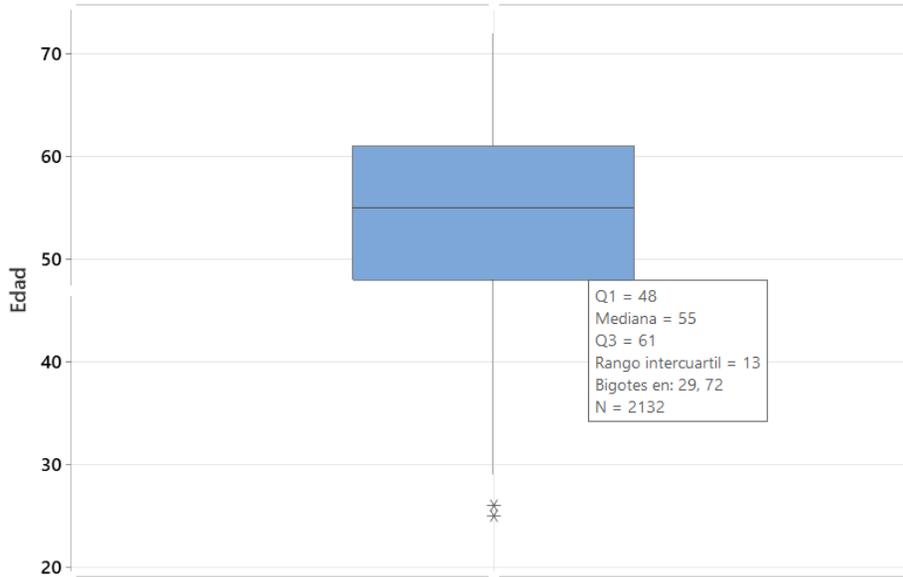


Ilustración 4 Grafica de cajas y bigotes de edad, presentando una mediana de 55 años con rango Inter cuartil de 13

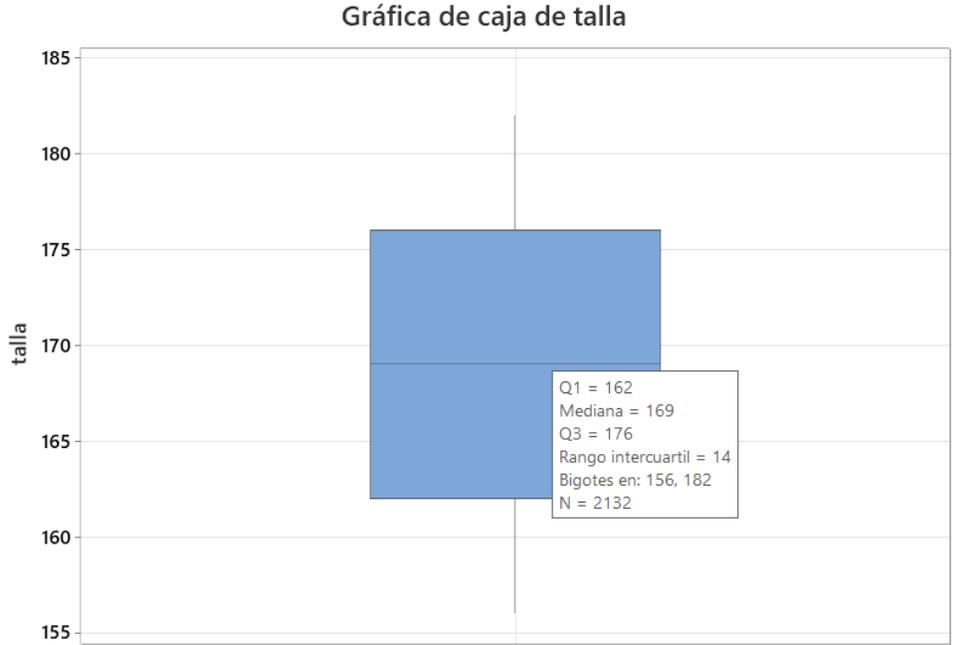


Ilustración 5 Grafica de cajas y bigotes de talla, presentando una mediana de 1.69m con un rango inter cuartil de 14

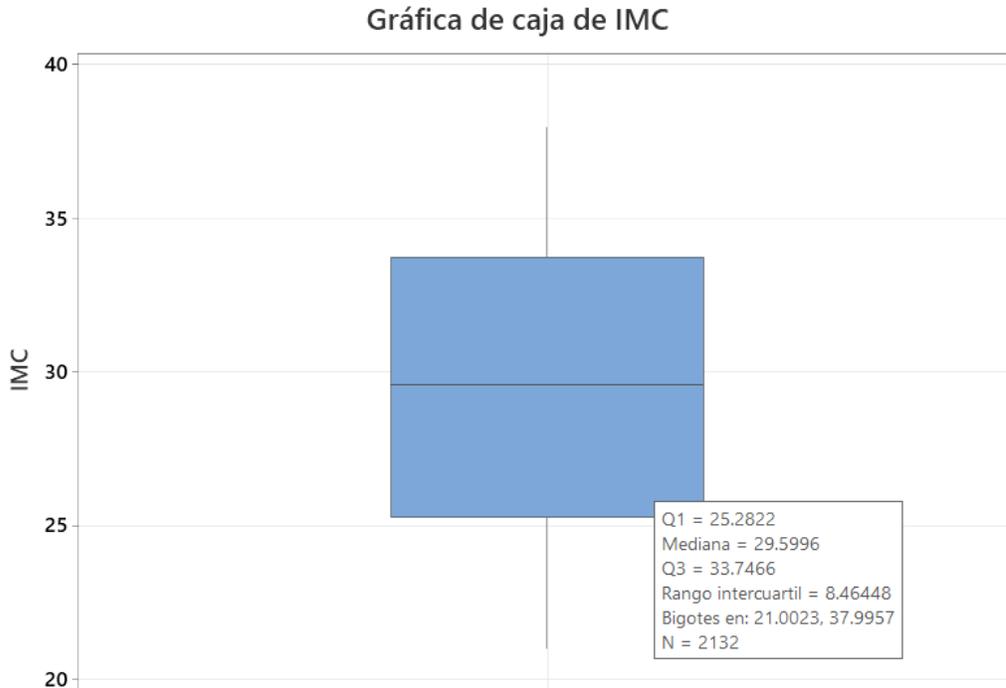


Ilustración 6 Grafica de cajas y bigotes de índice de masa corporal, presentando una mediana de 29.59 kg/m2 con un rango Inter cuartil de 8.46

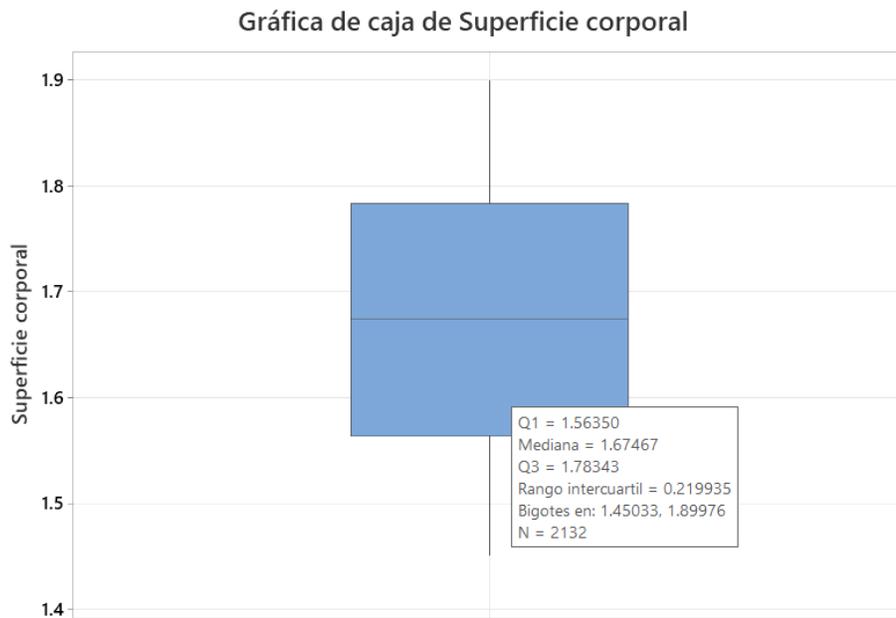


Ilustración 7 Gráfica de cajas y bigotes de superficie corporal, presentando una mediana de 1.67m² de superficie corporal con un rango inter cuartil de 0.21 m²

Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
STS	2132	0	2.5484	0.0143	0.6608	1.3600	1.9877	2.5498	3.1118	3.6996
Euroscore	2132	0	2.9442	0.0265	1.2239	0.8023	1.9088	2.9387	3.9963	5.0977
FEVI	2132	0	49.880	0.266	12.270	29.000	39.000	50.000	60.000	71.000
DCP	2132	0	104.71	0.844	38.96	36.00	70.00	104.00	139.00	172.00
PAO	2132	0	69.773	0.647	29.860	35.000	45.000	61.000	87.000	168.000

Ilustración 8 Tabla de factores de riesgo poblacionales

El riesgo prequirúrgico fue estimado mediante STS con una mediana de 2.54% de mortalidad estimada con IQR 1.98 - 3.11, Mientras que con la herramienta Euroscore II se tuvo una mediana de 2.93% con un IQR de 1.9 a 3.99 IC 95%. La FEVI estimada tuvo una media de 49.88 con una DE de +/- 12.27. El tiempo de DCP presentó una mediana de 104 minutos con un IQR de 70 a 139 minutos, el tiempo de isquemia fue de 61 minutos con un IQR de 45 a 87 min 95% IC.

Gráfica de caja de STS

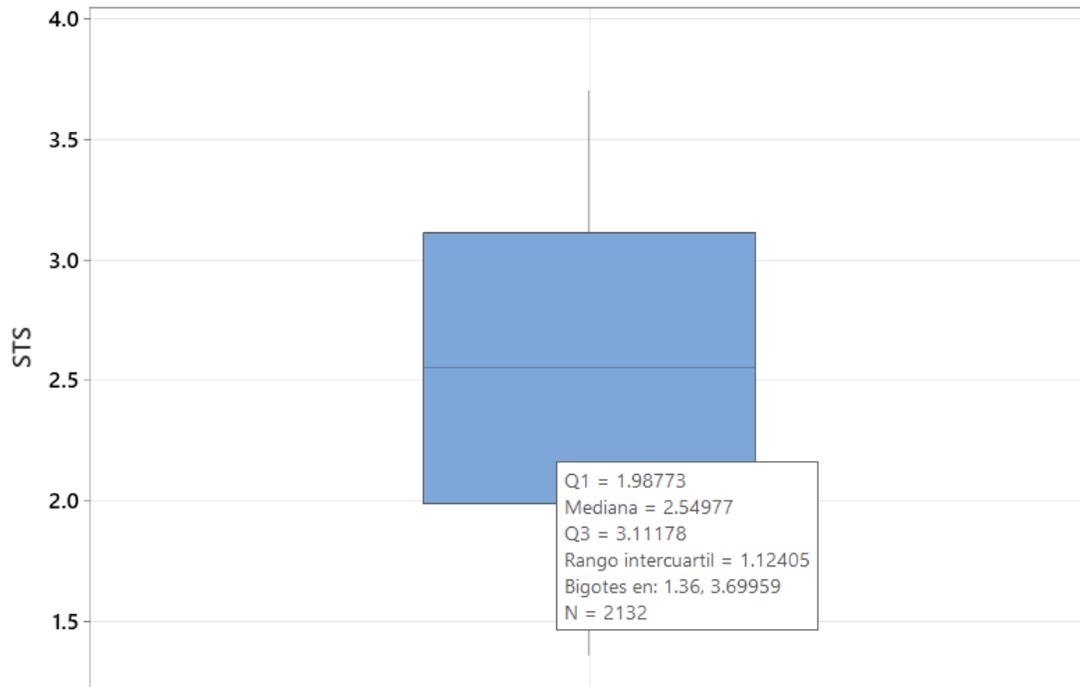


Ilustración 9 Grafica de cajas y bigotes de riesgo estimado por score de STS, presentando una mediana de 2.54, con un rango inter cuartil de 1.12

Gráfica de caja de Euroscore

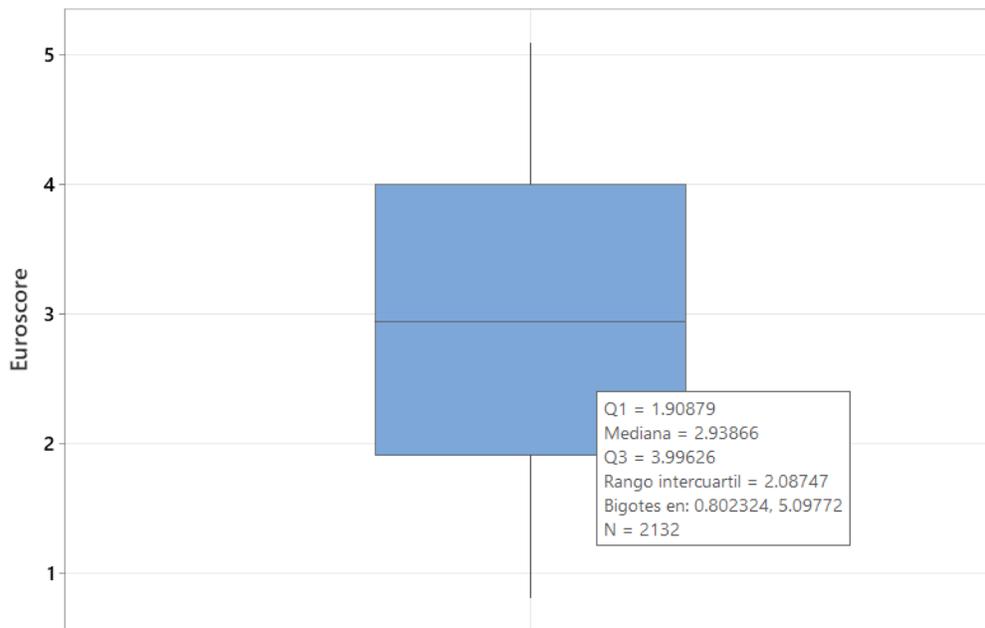


Ilustración 10 Grafica de cajas y bigotes de riesgo estimado por Euroscore II, presentando una mediana de 2.93 con un rango inter cuartil de 2.08

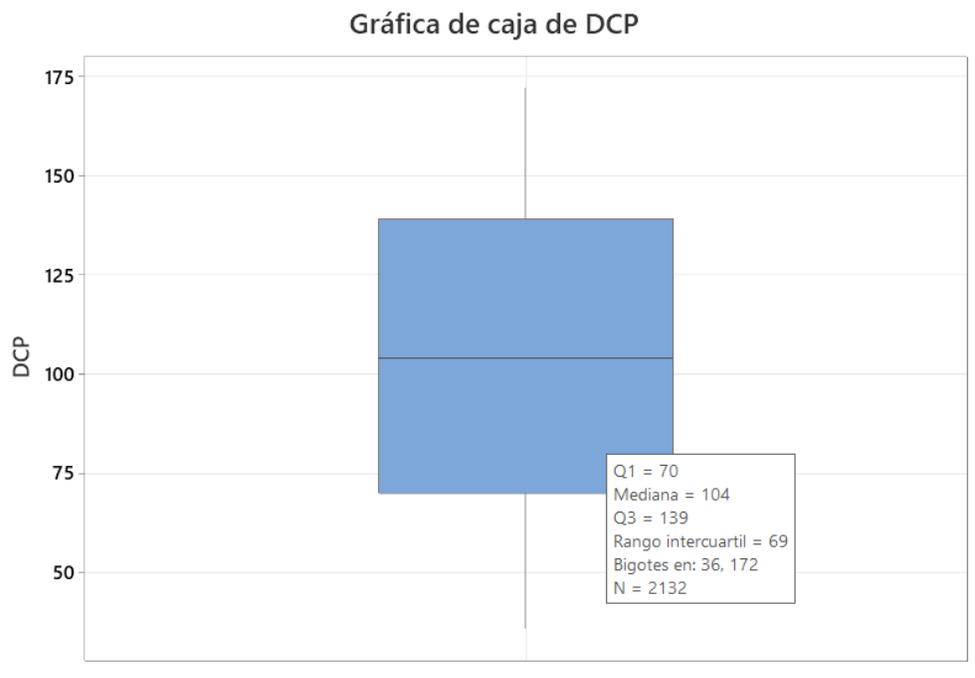


Ilustración 11 Gráfica de cajas y bigotes de tiempo de derivación cardiopulmonar total, presentando una mediana de 104 minutos con un rango Inter cuartil de 69 minutos

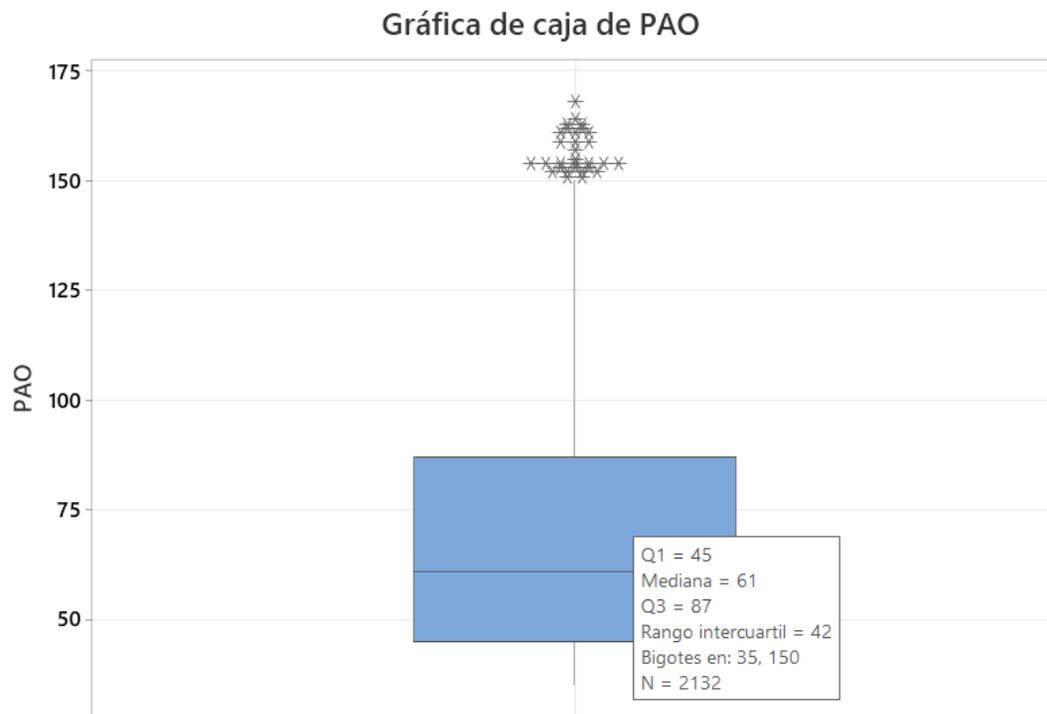


Ilustración 12 Grafica de cajas y bigotes de tiempo de pinzamiento aórtico, presentando una mediana de 61 minutos con una rango inter cuartil de 42 minutos

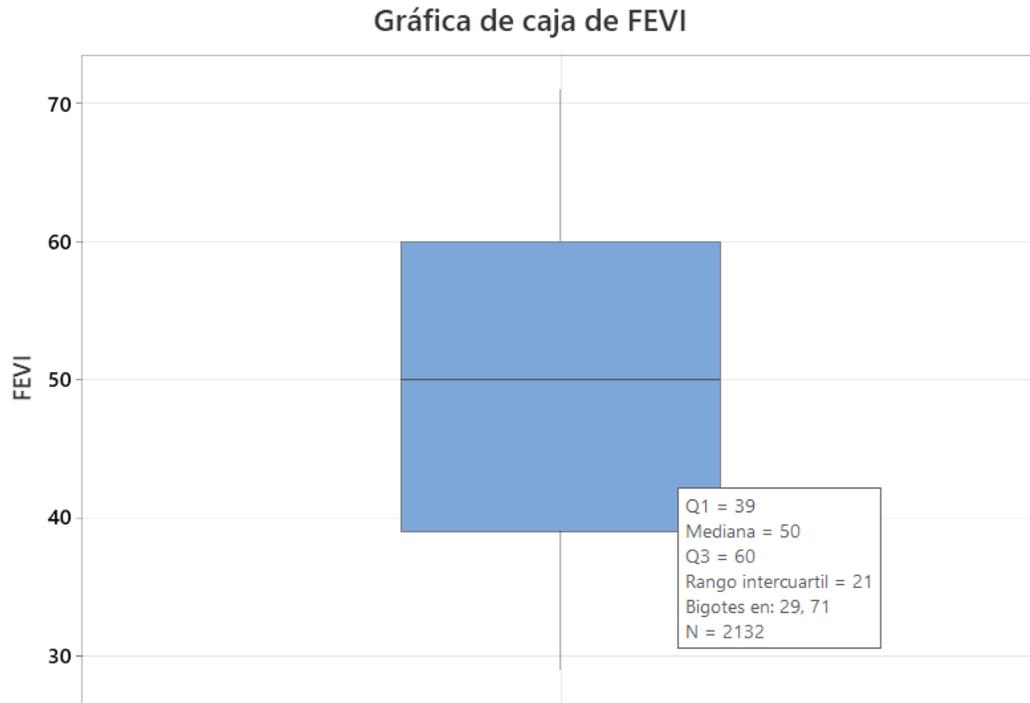


Ilustración 13 Grafica de cajas y bigotes de Fracción de expulsión del ventrículo izquierdo presentando una mediana de 50 % con un rango inter cuartil de 21 %

Sumario de categoricas por frecuencia

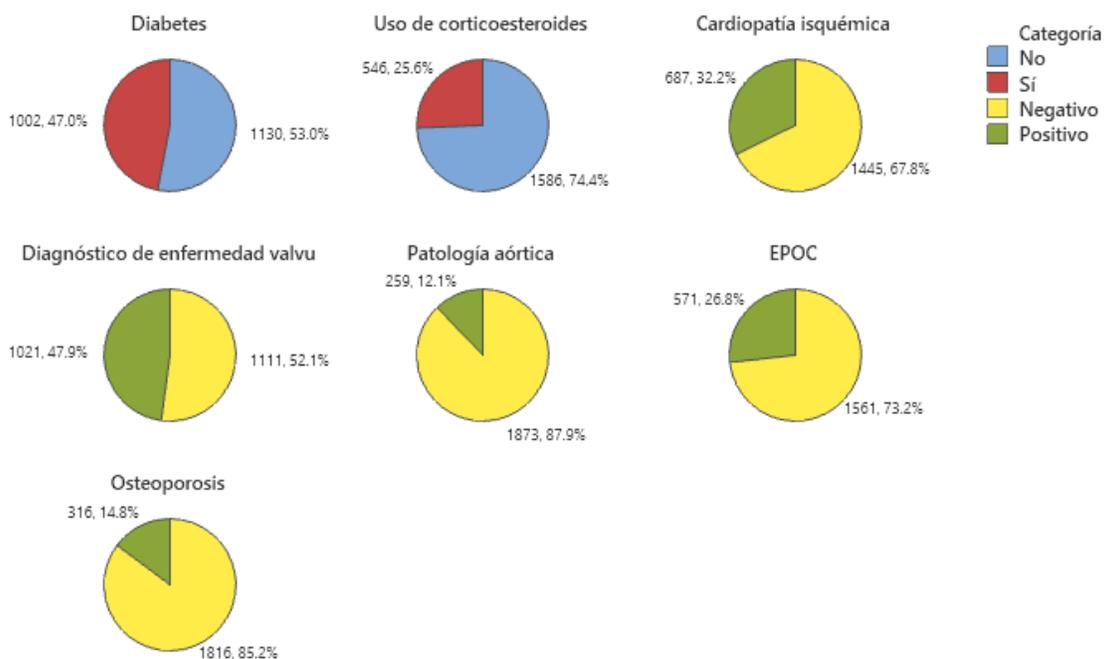


Ilustración 14 Grafico de factores de riesgo preoperatorios

Sumario de categoricas perioperatorias

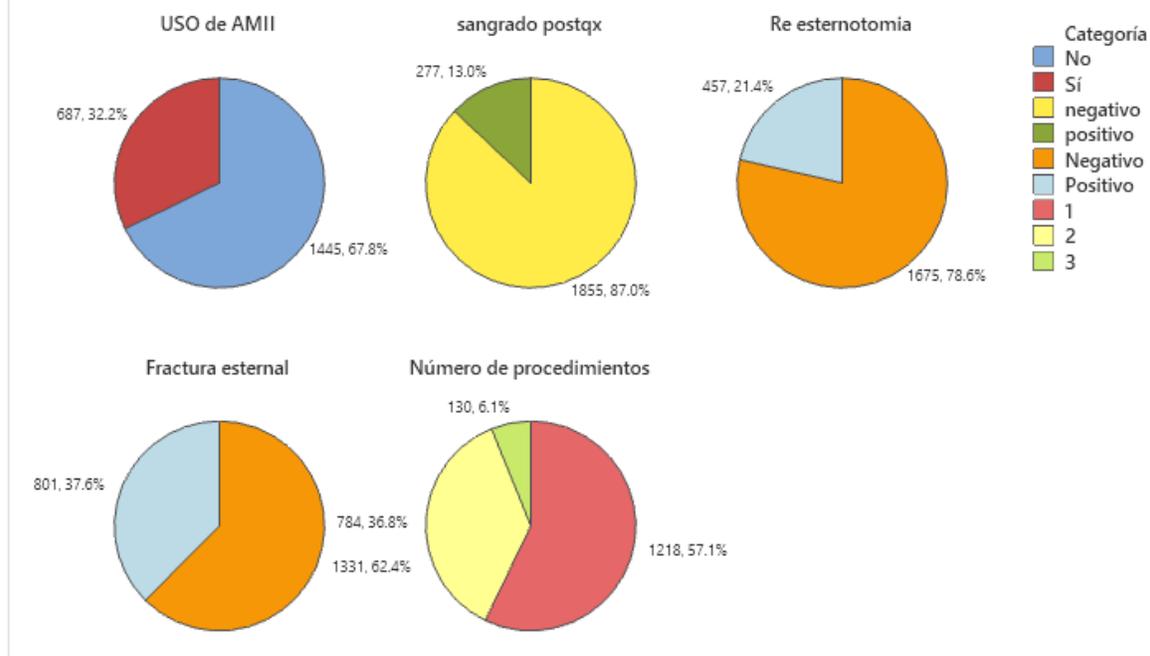


Ilustración 15 Grafico de factores de riesgo perioperatorios

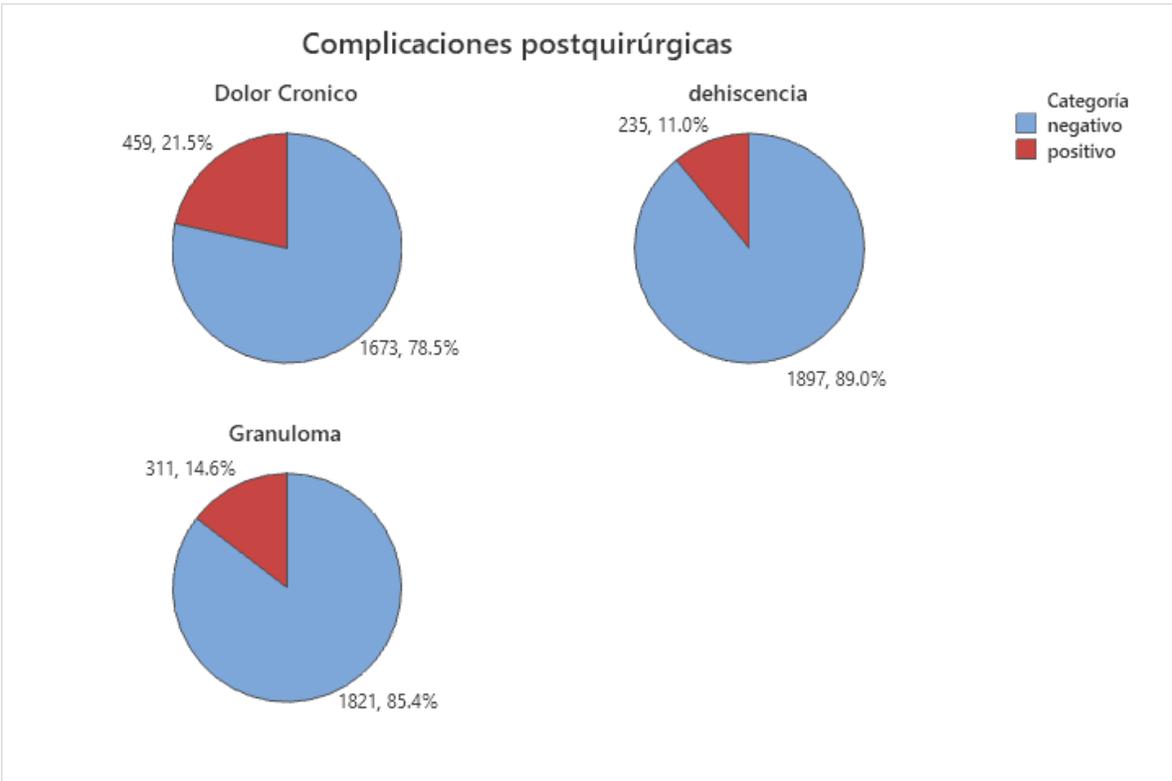


Ilustración 16 Grafico de complicaciones post quirúrgicas

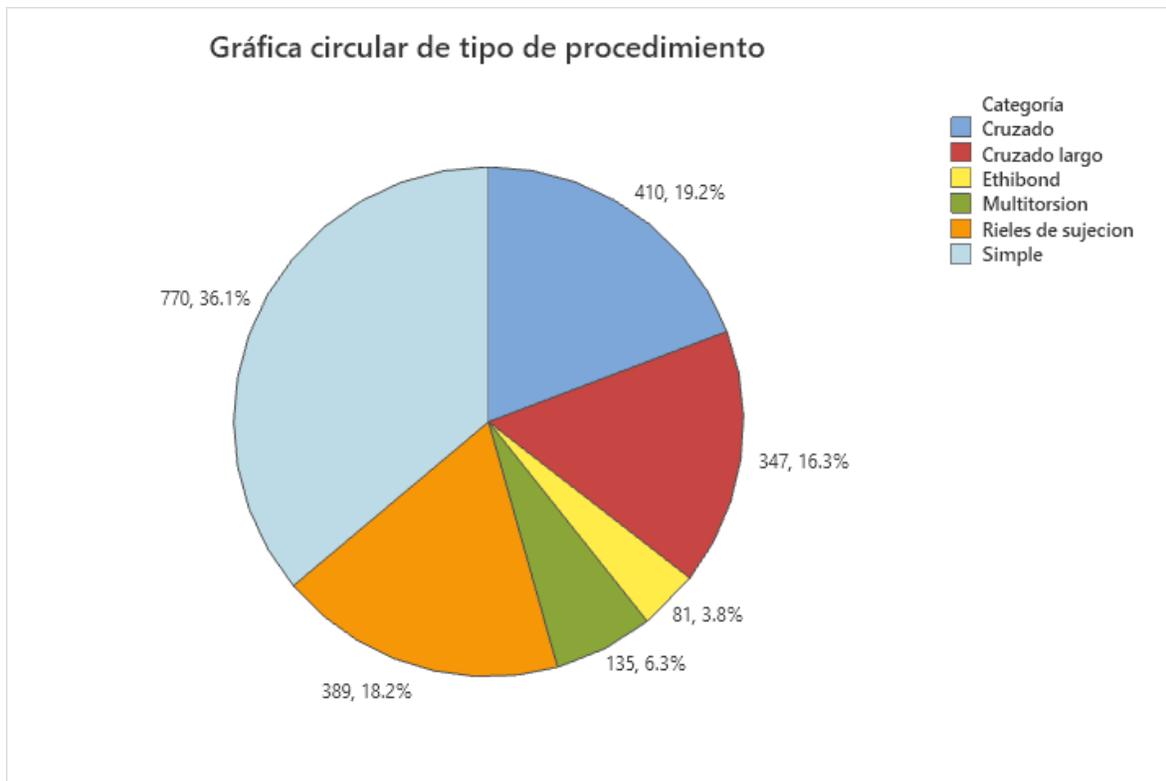


Ilustración 17 Grafica de tipo de cierre utilizados

La dehiscencia se presentó en 235 pacientes en total, de los 770 pacientes con cierre simple 129 presentaron esta característica 16.75%, de los 410 cerrados con técnica cruzada, 45 presentaron la alteración 10.95%, de los 347 con cierre tipo cruzado largo 4 presentaron dehiscencia 1.15%, de los 135 cerrados con técnica multitorsion solo 1 presento esta alteración, 0.74%, para el cierre con Ethibond de 81 pacientes, 29 presentaron dehiscencia 35.8% . y para el grupo rieles de sujeción de los 389 manejados con esta técnica 27 presentaron dehiscencia, 6.94 %.

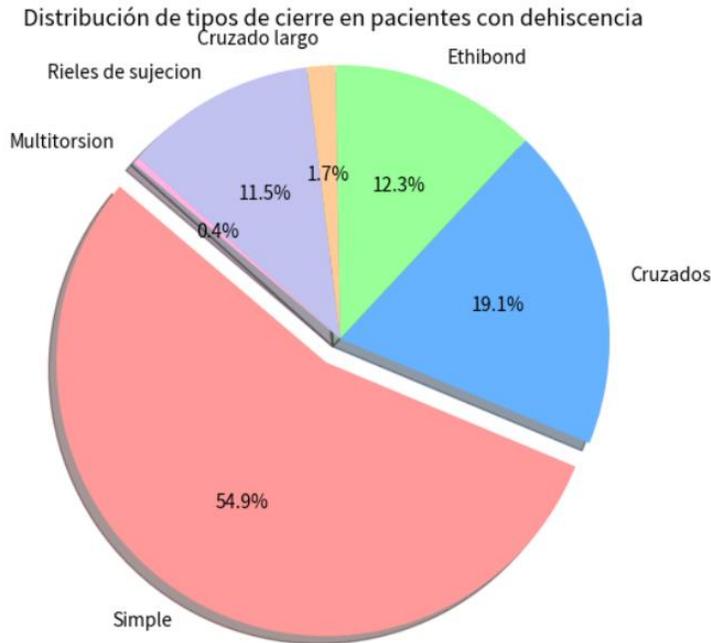


Ilustración 18 Grafica de incidencia de dehiscencia esternal por tipo de cierre esternal utilizado

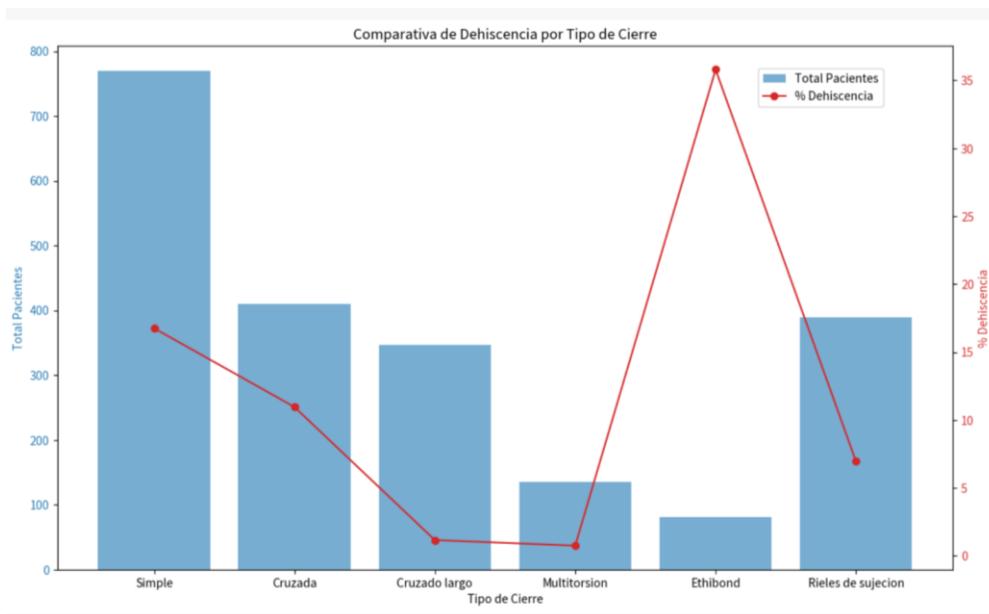


Ilustración 19 Grafica comparativa de dehiscencia esternal por tipo de cierre utilizado

Del total de 389 pacientes manejados con rieles de sujeción, 156 presentaron un granuloma representando un 40.1% . mientras que para el cierre multitorsión con un total de 135 pacientes 43 pacientes presentaron esta alteración (31.85%), de los 347 pacientes manejados con cruzado largo 29 presentaron esta alteración

8.36%. de los 410 pacientes con cierre cruzado, 37 presentaron la característica correspondiente al 9.07 %, de los 770 pacientes con cierre simple, 5.97%.

Distribución de pacientes con granuloma según técnica utilizada

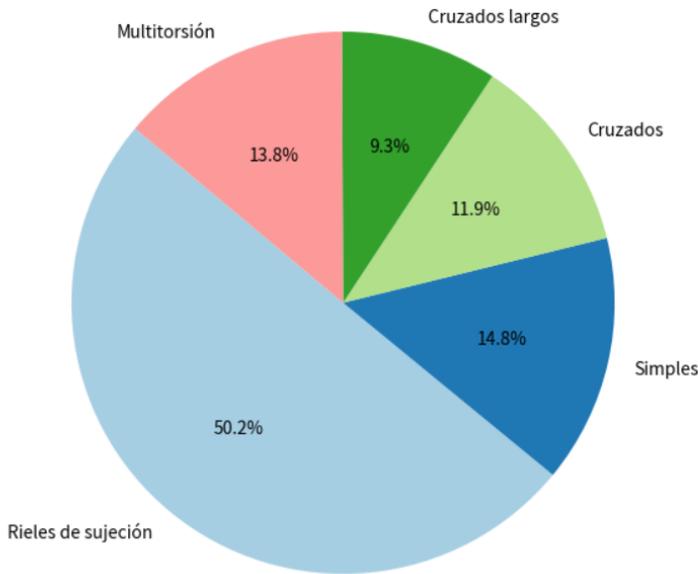


Ilustración 20 Grafica de incidencia de granulomas por tipo de cierre esternal

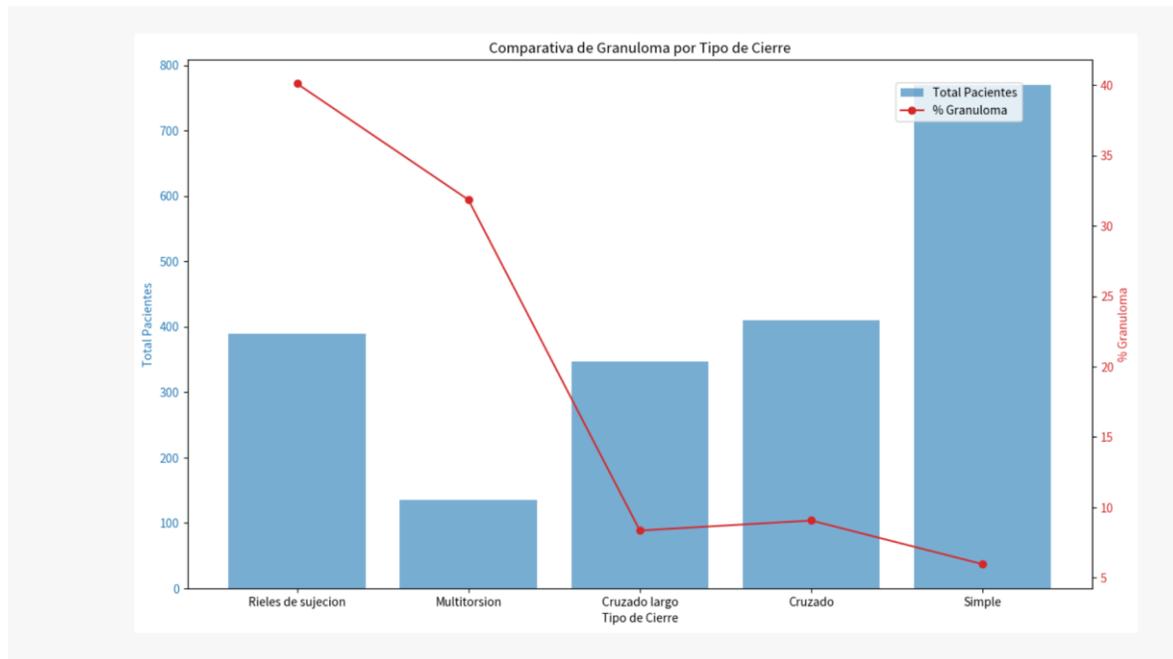


Ilustración 21 Grafica comparativa de granulomas por tipo de cierre utilizado

Para el dolor crónico de los 135 pacientes con Multitorsión 98 presentaron la característica, 72.59%. Para los manejados con rieles de sujeción 389 pacientes en total, 239 presentan esta complicación 61.44, mientras que de los 347 manejados con cruzado largo 45 presentaron la característica solo el 12.97%. de los 410 manejados con cruzado 49 presentaron esta alteración 11.95. y para el cierre simple 770 pacientes en total solo 28 pacientes presentaron esta complicación 3.64%.

Distribución actualizada de pacientes con dolor crónico según técnica utilizada

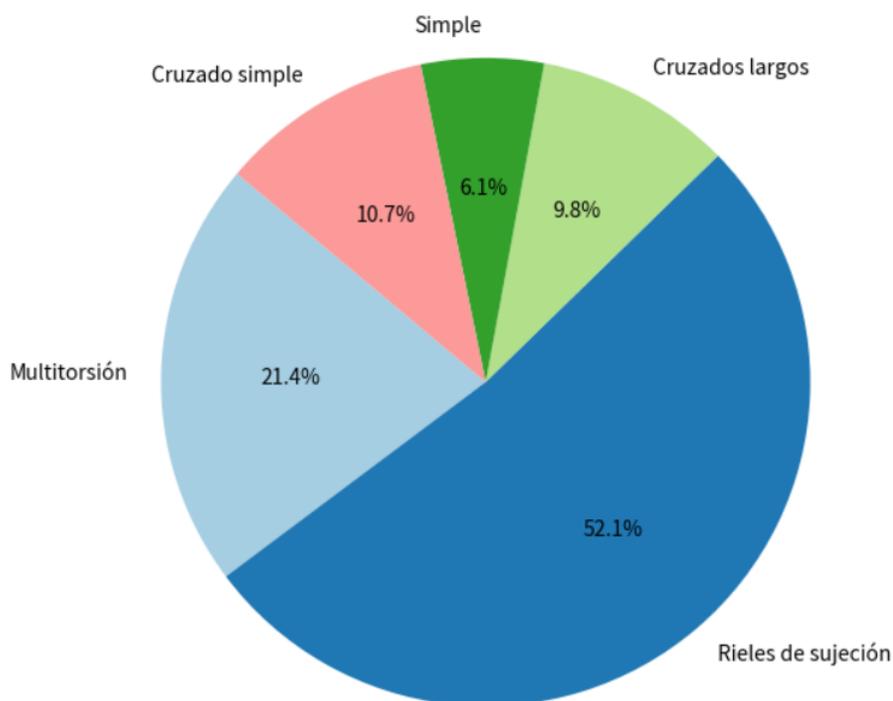


Ilustración 22 Grafica de incidencia de dolor cronico por tipo de cierre esternal

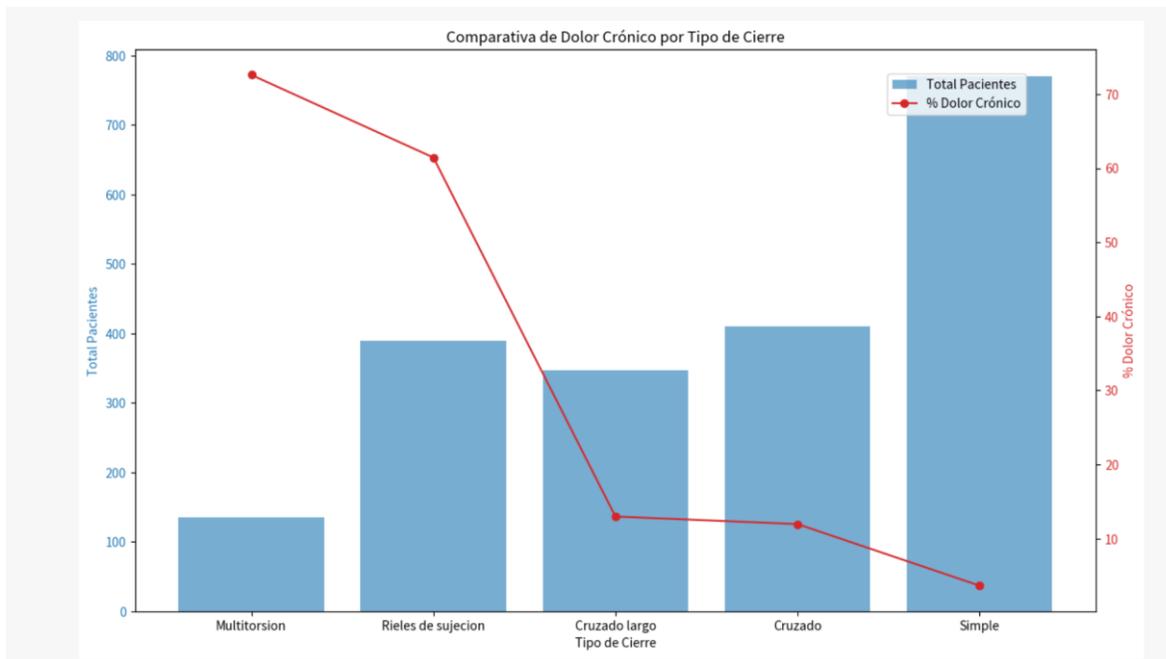


Ilustración 23 Grafica comparativa de dolor crónico por tipo de cierre esternal

22. Discusión.

La esternotomía media se mantiene hoy en día como el abordaje estándar para la cirugía cardíaca (entre otros procedimientos) debido a su simplicidad, seguridad, rapidez y bajo costo. El cierre esternal representa una parte fundamental en el pronóstico del paciente quirúrgico, ya que la estabilidad que presente posterior al cierre puede ser un factor que predisponga al desarrollo de dehiscencia, con subsecuente mediastinitis secundario a la necrosis de tejidos circundantes, incrementando la morbilidad de un 10% hasta un 40 %.

Existen numerosas técnicas y sistemas de cierre disponibles, sin embargo, no existe un cierre esternal ideal que cumpla con todos los criterios de este.

En este estudio se incluyeron un total de 2132 pacientes sometidos a cirugía cardíaca con un abordaje por esternotomía media, durante un periodo de 4 años.

Dentro de las características demográficas, en los pacientes de nuestra institución existió un predominio en cuanto al género femenino. En cuanto a la edad, la mayoría de la población atendida se encuentra entre la sexta y séptima década de la vida. La mayoría de la población presenta algún grado de sobrepeso u obesidad, con múltiples comorbilidades como diabetes mellitus, enfermedad pulmonar obstructiva

crónica, enfermedad valvular, cardiopatía isquémica. Considerados como factores de riesgo para desarrollar complicaciones asociadas al abordaje quirúrgico.

En cuanto al riesgo prequirúrgico, en su mayoría se catalogaron como procedimientos de bajo riesgo por escalas de STS y Euroscore.

El tipo de cierre esternal mayormente utilizado para la esternorrafia en nuestra institución fue el cierre con alambres de acero simple. Esto responde a que históricamente es el cierre utilizado mayormente por los cirujanos. El menor número de pacientes cerrados con el cierre "cruzado largo" se explica por la introducción reciente de la técnica.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede observar que el tipo de cierre mayormente asociado a la dehiscencia esternal fue el cierre simple; el que se asoció más al desarrollo de granulomas fue el cierre con rieles de sujeción y el cierre que tuvo la mayor incidencia de dolor crónico postoperatorio fue el cierre multitorsión.

Estos resultados son comparables con lo demostrado por Nespor et.al (7) quien comparo el cierre esternal con alambres simples, dobles (robishek) y cruzados, encontrando que el desempeño de los cierres con alambres dobles y cruzados fueron superiores en cuanto a tasa de dehiscencia e inestabilidad esternal presentada por los pacientes.

El cierre cruzado largo presento una baja incidencia de dehiscencia esternal (1.7%), así como de dolor post operatorio crónico (9.8%) y desarrollo de granulomas (9.3%). Como lo descrito por Karygo et. Al (32) en donde presenta la modificación a la técnica de "figura de 8" .

23. Conclusiones

El presente estudio describe las complicaciones asociadas a cada técnica de cierre esternal con alambres de acero utilizadas en nuestra institución en los últimos 4 años, mostrando al cierre "cruzado largo" como una buena opción para la esternorrafia dada su baja incidencia en las complicaciones presentadas, así como su seguridad, reproductibilidad y bajo costo, sin embargo, al ser un estudio descriptivo, no podemos asegurar la superioridad del mismo sobre otras técnicas. Se requeriría realizar un estudio metodológicamente más sólido, como un ensayo clínico controlado, para determinar el desempeño de cada una de las técnicas en pacientes con cierre esternal complejo.

24. Referencias

1. Pinotti KF, Cataneo DC, Rodrigues OR, Cataneo AJM. Closure of the sternum with anchoring of the steel wires: Systematic review and meta-analysis. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1 de julio de 2018;156(1):178-86.
2. Lu JCY, Grayson AD, Jha P, Srinivasan AK, Fabri BM. Risk factors for sternal wound infection and mid-term survival following coronary artery bypass surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1 de junio de 2003;23(6):943-9.
3. Gårdlund B, Bitkover CY, Vaage J. Postoperative mediastinitis in cardiac surgery — microbiology and pathogenesis. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1 de mayo de 2002;21(5):825-30.
4. Duzgun AC, Ilkeli E, Katircioglu F. Comparison of Two Sternal Closure Techniques Based on Risk Factors: A Prospective, Observational Study. *Appl Bionics Biomech.* 8 de octubre de 2021;2021:e2169431.
5. Nenna A, Nappi F, Dougal J, Satriano U, Chello C, Mastroianni C, et al. Sternal wound closure in the current era: the need of a tailored approach. *Gen Thorac Cardiovasc Surg.* noviembre de 2019;67(11):907-16.
6. Gamel AE. Sternal Closure: The Elusive Holy Grail. *Heart Lung Circ.* marzo de 2019;28(3):358-9.
7. Nešpor D, Fila P, Černý J, Němec P. [Overview of primary sternal closure techniques]. *Rozhl V Chir Mesicnik Ceskoslovenske Chir Spolecnosti.* febrero de 2015;94(2):48-56.
8. Marasco SF, Fuller L, Zimmet A, McGiffin D, Seitz M, Ch'ng S, et al. Prospective, randomized, controlled trial of polymer cable ties versus standard wire closure of midline sternotomy. *J Thorac Cardiovasc Surg.* octubre de 2018;156(4):1589-1595.e1.

9. Pairolero PC, Arnold PG. Management of recalcitrant median sternotomy wounds. *J Thorac Cardiovasc Surg.* septiembre de 1984;88(3):357-64.
10. El Oakley RM, Wright JE. Postoperative mediastinitis: classification and management. *Ann Thorac Surg.* marzo de 1996;61(3):1030-6.
11. Jones G, Jurkiewicz MJ, Bostwick J, Wood R, Bried JT, Culbertson J, et al. Management of the infected median sternotomy wound with muscle flaps. The Emory 20-year experience. *Ann Surg.* junio de 1997;225(6):766-78.
12. Greig AVH, Geh JLC, Khanduja V, Shibu M. Choice of flap for the management of deep sternal wound infection--an anatomical classification. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg JPRAS.* 2007;60(4):372-8.
13. Anger J, Dantas DC, Arnoni RT, Farsky PS. A new classification of post-sternotomy dehiscence. *Rev Bras Cir Cardiovasc Órgão Of Soc Bras Cir Cardiovasc.* 2015;30(1):114-8.
14. Careaga Reyna G, Aguirre Baca GG, Medina Concebida LE, Borrayo Sánchez G, Prado Villegas G, Argüero Sánchez R. Risk Factors for Mediastinitis and Sternal Dehiscence After Cardiac Surgery. *Rev Esp Cardiol Engl Ed.* 1 de febrero de 2006;59(2):130-5.
15. Carrier G, Fréchette É, Ugalde P, Deslauriers J. Correlative Anatomy for the Sternum and Ribs, Costovertebral Angle, Chest Wall Muscles and Intercostal Spaces, Thoracic Outlet. *Thorac Surg Clin.* 1 de noviembre de 2007;17(4):521-8.
16. Graeber GM, Nazim M. The Anatomy of the Ribs and the Sternum and Their Relationship to Chest Wall Structure and Function. *Thorac Surg Clin.* 1 de noviembre de 2007;17(4):473-89.
17. Pai S, Dunn RM, Babbitt R, Strom HM, Lalikos JF, Pins GD, et al. Characterization of forces on the sternal midline following median sternotomy in a porcine model. *J Biomech Eng.* octubre de 2008;130(5):051004.

18. Cohen DJ, Griffin LV. A biomechanical comparison of three sternotomy closure techniques. *Ann Thorac Surg.* febrero de 2002;73(2):563-8.
19. Al-Abassi A, Papini M, Towler M. Review of Biomechanical Studies and Finite Element Modeling of Sternal Closure Using Bio-Active Adhesives. *Bioeng Basel Switz.* 3 de mayo de 2022;9(5):198.
20. Casha AR, Yang L, Cooper GJ. Measurement of chest wall forces on coughing with the use of human cadavers. *J Thorac Cardiovasc Surg.* diciembre de 1999;118(6):1157-8.
21. Trumble DR, McGregor WE, Magovern JA. Validation of a bone analog model for studies of sternal closure. *Ann Thorac Surg.* septiembre de 2002;74(3):739-44; discussion 745.
22. Dasika UK, Trumble DR, Magovern JA. Lower sternal reinforcement improves the stability of sternal closure. *Ann Thorac Surg.* mayo de 2003;75(5):1618-21.
23. Orhan SN, Ozyazicioglu MH, Colak A. A biomechanical study of 4 different sternum closure techniques under different deformation modes. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 1 de noviembre de 2017;25(5):750-6.
24. Alhalawani AM, Towler MR. A review of sternal closure techniques. *J Biomater Appl.* noviembre de 2013;28(4):483-97.
25. Casha AR, Gauci M, Yang L, Saleh M, Kay PH, Cooper GJ. Fatigue testing median sternotomy closures. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg.* marzo de 2001;19(3):249-53.
26. Cheng W, Cameron DE, Warden KE, Fonger JD, Gott VL. Biomechanical study of sternal closure techniques. *Ann Thorac Surg.* marzo de 1993;55(3):737-40.
27. Dogan OF, Oznur A, Demircin M. A new technical approach for sternal closure with suture anchors (Dogan technique). *Heart Surg Forum.* 1 de julio de 2004;7(4):E328-332.

28. Kalush SL, Bonchek LI. Peristernal closure of median sternotomy using stainless steel bands. *Ann Thorac Surg.* febrero de 1976;21(2):172-3.
29. Gunja N, Pai S, McMahon N, Dupak E, Lalikos J, Dunn R, et al. A biomechanical study of a rigid plating system for sternal fixation. *IEEE 30th Annu Northeast Bioeng Conf 2004 Proc Of [Internet].* 1 de enero de 2004 [citado 11 de septiembre de 2023]; Disponible en: https://www.academia.edu/18475055/A_biomechanical_study_of_a_rigid_plating_system_for_sternal_fixation
30. Schulz AP, Faschingbauer M, Jürgens C. Sternal non-union—development of a novel fixation device. *Inj Extra.* 2005;36(12):569-72.
31. Jolly S, Flom B, Dyke C. Cabled butterfly closure: a novel technique for sternal closure. *Ann Thorac Surg.* octubre de 2012;94(4):1359-61.
32. Karigyo CJT, Pesarini A. A Simple Modification of the Conventional Figure-of-Eight Sternal Closure Technique. *Braz J Cardiovasc Surg [Internet].* 2019 [citado 7 de septiembre de 2023];34(4). Disponible en: <http://static.bjcv.org/pdfRBCCV/v34n4a07.pdf>
33. Zeitani J, Penta de Peppo A, Bianco A, Nanni F, Scafuri A, Bertoldo F, et al. Performance of a novel sternal synthesis device after median and faulty sternotomy: mechanical test and early clinical experience. *Ann Thorac Surg.* enero de 2008;85(1):287-93.
34. McGregor WE, Payne M, Trumble DR, Farkas KM, Magovern JA. Improvement of sternal closure stability with reinforced steel wires. *Ann Thorac Surg.* noviembre de 2003;76(5):1631-4.
35. Levin LS, Miller AS, Gajjar AH, Bremer KD, Spann J, Milano CA, et al. An innovative approach for sternal closure. *Ann Thorac Surg.* junio de 2010;89(6):1995-9.

36. Baskett RJ, MacDougall CE, Ross DB. Is mediastinitis a preventable complication? A 10-year review. *Ann Thorac Surg.* febrero de 1999;67(2):462-5.
37. Gandy KL, Moulton MJ. Sternal plating to prevent malunion of transverse sternotomy in lung transplantation. *Ann Thorac Surg.* octubre de 2008;86(4):1384-5.
38. Fawzy H, Alhodaib N, Mazer CD, Harrington A, Latter D, Bonneau D, et al. Sternal plating for primary and secondary sternal closure; can it improve sternal stability? *J Cardiothorac Surg.* 7 de mayo de 2009;4(1):19.
39. Shifrin DA, Sohn SM, Stouffer CW, Hooker RL, Renucci JD. Sternal salvage with rigid fixation in the setting of a massive mediastinal aortic pseudoaneurysm: a case report and review of the literature. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg JPRAS.* octubre de 2008;61(10):e17-20.
40. López Almodóvar LF, Bustos G, Lima P, Cañas A, Paredes I, Buendía JA. Transverse plate fixation of sternum: a new sternal-sparing technique. *Ann Thorac Surg.* septiembre de 2008;86(3):1016-7.
41. Huh J, Bakaeen F, Chu D, Wall MJ. Transverse sternal plating in secondary sternal reconstruction. *J Thorac Cardiovasc Surg.* diciembre de 2008;136(6):1476-80.
42. Mitra A, Elahi MM, Tariq GB, Mir H, Powell R, Spears J. Composite plate and wire fixation for complicated sternal closure. *Ann Plast Surg.* septiembre de 2004;53(3):217-21.
43. Song DH, Lohman RF, Renucci JD, Jeevanandam V, Raman J. Primary sternal plating in high-risk patients prevents mediastinitis. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg.* agosto de 2004;26(2):367-72.
44. Cicilioni OJ, Stieg FH, Papanicolaou G. Sternal wound reconstruction with transverse plate fixation. *Plast Reconstr Surg.* 15 de abril de 2005;115(5):1297-303.

45. Raman J, Song DH, Bolotin G, Jeevanandam V. Sternal closure with titanium plate fixation--a paradigm shift in preventing mediastinitis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* agosto de 2006;5(4):336-9.
46. Plass A, Grünenfelder J, Reuthebuch O, Vachenaer R, Gauer JM, Zünd G, et al. New transverse plate fixation system for complicated sternal wound infection after median sternotomy. *Ann Thorac Surg.* marzo de 2007;83(3):1210-2.
47. Voss B, Bauernschmitt R, Will A, Krane M, Kröss R, Brockmann G, et al. Sternal reconstruction with titanium plates in complicated sternal dehiscence. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg.* julio de 2008;34(1):139-45.
48. Chou SS, Sena MJ, Wong MS. Use of SternaLock plating system in acute treatment of unstable traumatic sternal fractures. *Ann Thorac Surg.* febrero de 2011;91(2):597-9.
49. Fedak PWM, Kolb E, Borsato G, Frohlich DEC, Kasatkin A, Narine K, et al. Kryptonite bone cement prevents pathologic sternal displacement. *Ann Thorac Surg.* septiembre de 2010;90(3):979-85.
50. Muehrcke DD, Barberi P, Shimp WM. Calcium phosphate cements to control bleeding in osteoporotic sternums. *Ann Thorac Surg.* julio de 2007;84(1):259-61

25. Consentimiento informado:

Estudio observacional, retrospectivo, descriptivo, acorde con el marco legal, sin requerimiento de un consentimiento informado, se anexa documento de exclusión de consentimiento informado, junto con las autorizaciones por el comité de ética.

26. Anexos

26.1 Formato de captura de datos:

Información General	
Fecha de Captura:	[//____]
ID del Paciente:	[_____]

Variables Clínicas	
Edad:	[____] años
Género:	[] Femenino
	[] Masculino
Peso:	[____] kilogramos
Talla:	[____] centímetros
Índice de Masa Corporal (IMC):	[____] Kg/m ²
Superficie Corporal:	[____] Kg x m ²
STS Score:	[____] Porcentaje
Euroscore II:	[____] Porcentaje
Tiempo Total de Derivación Extracorpórea:	[____] minutos
Tiempo Total de Pinzamiento Aórtico:	[____] minutos
Uso de AMII:	[] Sí
	[] No
Diabetes:	[] Sí
	[] No
Diagnóstico de Cardiopatía Isquémica:	[] Sí
	[] No
Diagnóstico de Enfermedad Valvular:	[] Sí
	[] No
Diagnóstico de Patología Aórtica Ascendente:	[] Sí
	[] No
Diagnóstico de EPOC	[] Sí
	[] No
Diagnóstico de osteoporosis	[] Sí
	[] No
Uso de córtico esteroides	[] Sí
	[] No
Número de Procedimientos Realizados:	[____]
Dehiscencia Externa:	[] Sí

Variables Clínicas	
	<input type="checkbox"/> No
Tiempo a Evento:	[____] días
Granuloma:	<input type="checkbox"/> Sí
	<input type="checkbox"/> No
Dolor Crónico:	<input type="checkbox"/> Sí
	<input type="checkbox"/> No
Tipo de Cierre Externo Empleado:	<input type="checkbox"/> Simple
	<input type="checkbox"/> Cruzados
	<input type="checkbox"/> Cruzados Largos
	<input type="checkbox"/> Multitorción
	<input type="checkbox"/> Simple con Rieles de Sujeción

Notas Adicionales:	
	[_____]

26.2. Abreviaturas:

Esternotomía media (EM)

Alambre de acero inoxidable monofilamentoso (AAIM)

Dehiscencia externa (DE)

Cierre externo (CE).

Infecciones en sitio quirúrgico (ISQ)

Cierre Simple (CS)

Cierre Cruzado (CC),

Cierre Multitorción (MT)

Síntesis Externa (SE)

Talón externo (TE)

Cementos de osteosíntesis (CO)

Cruzado largo (CL)