

**PROTOCOLOS DE INTERVENCIÓN PARA LOS ACCIDENTES DE
DESCONEXIÓN O RUPTURA DE LÍNEAS Y VACIAMIENTO DEL
RESERVORIO EN CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA EN COLOMBIA**

**INGRID VANESSA JIMÉNEZ RÍOS
RICARDO ANDRÉS ROJAS FARFAN**

**ASESORA:
ANGELA MARIA PULGARÍN RN. MSc**

**UNIVERSIDAD CES
FACULTAD DE ENFERMERÍA
POSGRADO DE PERFUSIÓN Y CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA
MEDELLIN, ANTIOQUIA
2020**

**PROTOCOLOS DE PREVENCION, DETECCION E INTERVENCIÓN DE
LOS ACCIDENTES DE DESCONEXIÓN O RUPTURA DE LÍNEAS Y
VACIAMIENTO DEL RESERVORIO EN CIRCULACIÓN
EXTRACORPÓREA EN COLOMBIA**

**INGRID VANESSA JIMÉNEZ RÍOS
RICARDO ANDRÉS ROJAS FARFAN**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTA
EN PERFUSIÓN Y CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA**

**ASESORA:
ANGELA MARIA PULGARÍN RN. MSc**

**UNIVERSIDAD CES
FACULTAD DE ENFERMERÍA
POSGRADO DE PERFUSIÓN Y CIRCULACIÓN EXTRACORPOREA
MEDELLIN, ANTIOQUIA
2020**

INDICE DE CONTENIDO

1. RESUMEN	6
2. FORMULACION DEL PROBLEMA	7
2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
2.2. JUSTIFICACIÓN.....	11
2.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	12
3. MARCO TEORICO.....	13
4. OBJETIVOS.....	26
4.1. GENERAL	26
4.2. ESPECIFICOS	26
5. METODOLOGIA.....	27
5.1. ENFOQUE METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN	27
• CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL MATERIAL	27
• FILTROS	28
• TEMPORALIDAD	28
• TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN MATERIAL IMPRESO ..	28
5.2. PLAN DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	29
5.3. TIPO DE ESTUDIO.....	29
6. CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	30
7. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS	32
7.1. CRONOGRAMA	32
7.2. PRESUPUESTO	33
8. RESULTADOS	34
8.1. INCIDENTE DE DESCONEXION O RUPTURA DE LÍNEAS.....	43

8.1.1.	ALGORTIMO DE INTERVENCIÓN DEL ACCIDENTE DESCONEXIÓN Y/O RUPTURA DE LÍNEAS	57
8.2.	INCIDENTE DE VACIAMIENTO DEL RESERVORIO	58
8.2.1	ALGORTIMO DE INTERVENCIÓN DEL ACCIDENTE: VACIAMIENTO DEL RESERVORIO VENOSO.....	72
8.2.2.	ALGORITMO DE INTERVENCIÓN PARA EL EMBOLISMO AÉREO MASIVO CON COMPROMISO SISTEMICO DEL PACIENTE	73
8.3.	ROL DE PERFUSIONISTA EN LA PREVENCIÓN, DETECCIÓN Y ATENCIÓN DE LOS ACCIDENTES DURANTE LA CEC	74
9.	DISCUSIÓN	75
10.	CONCLUSIONES	79
11.	RECOMENDACIONES	80
12.	BIBLIOGRAFÍA	81

“Existen dos clases de perfusionistas: uno, los que han tenido un accidente de CEC grave, dos, los que lo van a tener...”

S. López Sánchez, TG. Asociación Española de Perfusión, 1995.

1. RESUMEN

Los accidentes que se presentan en la cirugía cardíaca durante la perfusión y circulación extracorpórea se consideran imprevistos imposibles de erradicar, por ser este un procedimiento complejo, manipulado bajo la mente humana, con múltiples riesgos potenciales en cuanto al manejo de la máquina y el estado crítico de los pacientes sometidos a la CEC. Se presenta a continuación una investigación basada en una búsqueda literaria en diferentes bases de datos junto con las recomendaciones de expertas en la perfusión, donde se evidencia que en Colombia los dos principales accidentes presentados durante la perfusión; son el vaciamiento del reservorio y la desconexión y/o ruptura de líneas, de los cuales se desea conocer las diferentes estrategias que se pueden implementar en relación a la prevención, detección e intervención de dichos incidentes, con el fin de diseñar los protocolos de manejo de cada una de estas estrategias; con el fin de brindar orientación que permita mejorar la seguridad y calidad durante la cirugía cardíaca en Colombia y unificar criterios de atención inmediata durante los accidentes presentados en el gremio de perfusionistas del país. Como resultado se dan a conocer los algoritmos de atención y manejo frente a las diferentes estrategias, evidenciando que estos, garantizan la calidad de la atención y ayudan a disminuir los eventos adversos en los pacientes, y es por esta razón que el especialista en perfusión es el único profesional competente en el tema, encargado de darle solución a dichos inconvenientes presentados, siendo indispensable su labor en la prevención, identificación, y manejo de dichos accidentes.

Palabras claves: Accidentes, Perfusión, Derivación cardiopulmonar, Circulación extracorpórea, Algoritmos de manejo de accidentes.

2. FORMULACION DEL PROBLEMA

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad la cirugía cardíaca es una de las opciones terapéuticas para el tratamiento de diferentes afecciones, tales como enfermedad aterosclerótica, enfermedades congénitas, entre otras, las cuales alteran de manera estructural y funcional al corazón.(1) La mayoría de estas intervenciones de cirugía cardíaca requieren de derivación cardiopulmonar (DCP), ya que se debe manipular quirúrgicamente el corazón y debido a ello es necesario generar una parada circulatoria.(2)

La derivación cardiopulmonar consiste en la idea de sacar sangre venosa de un paciente, oxigenarla, extraerle el dióxido de carbono e introducirla nuevamente al paciente para garantizar una adecuada perfusión sanguínea a los diferentes órganos(3), lo cual se realiza a través de una máquina de circulación extracorpórea que se encarga de realizar la función del corazón y del pulmón.

Esta técnica se implementó por primera vez en 1953 por el Dr. Gibbon en la primera cirugía cardíaca y, desde ese momento hasta la actualidad, dicha técnica ha evolucionado, debido al desarrollo tecnológico y sofisticación de la misma, ya que está influenciada por diversos dispositivos mecánicos y respuestas variables del paciente(4); por ello es necesario que exista una persona con perfil profesional a cargo del sistema extracorpóreo, al que se denomina “perfusionista”, que en conjunto con otros profesionales de la salud como cirujanos y anestesiólogos cardiovasculares intervienen para llevar a cabo los procedimientos con un mejor pronóstico de los pacientes.

Sin embargo, a pesar de que la cirugía cardíaca hoy en día se puede catalogar como una cirugía rutinaria, el uso de la circulación extracorpórea es un procedimiento complejo que implica muchos riesgos potenciales que están presentes en varias etapas, desde la configuración del circuito de DCP hasta el traslado del paciente a recuperación.(5) Es por esta razón que estos riesgos se minimizan y se reducen en relación a la mejora en seguridad del paciente durante la perfusión,(6) aunque pese a la evolución en seguridad desde la ingeniería, la fabricación de equipos, técnicas quirúrgicas, la educación y profesionalización de los perfusionistas y la gestión de la perfusión, se siguen presentando accidentes que conllevan al desarrollo de eventos adversos.

Por consiguiente, se buscan estrategias de manera permanente para identificar institucionalmente estos eventos adversos que se presentan en la cirugía cardíaca. En contraste con lo anterior, desde el punto de vista científico, el conocimiento de los eventos adversos relacionados específicamente con la perfusión durante la cirugía cardíaca se encuentra limitado por una serie de encuestas que fueron desarrolladas hace más de 20 años (7) y las encuestas que se han desarrollado desde ese momento hasta el presente y que cuentan con un rigor metodológico para presentar sus resultados son escasas; es por esto que existe una dificultad para reconocer de manera amplia y concisa el panorama de los accidentes a nivel global.

A pesar de que existen pocos estudios en la comunidad científica que soporten de manera reproducible los datos acerca de accidentes, es posible dilucidar una visión general, entendiendo que es inevitable disminuir a 0% la incidencia de accidentes en una institución por el riesgo inherente a la actividad del perfusionista, en la cual, como se menciona anteriormente, implica la manipulación de la tecnología avanzada en un entorno crítico y complejo, que se ve afectada por muchas variables. Todo esto, es dominado por el control de las mentes humanas, lo que hace que siempre exista la probabilidad de que se produzcan futuros eventos adversos imprevistos y contratiempos. (7)

Es por esto por lo que la visión general de los accidentes se resume en las encuestas que hasta el presente se han publicado, adquiriendo gran relevancia como único referente sobre la situación de la seguridad del paciente durante la circulación extracorpórea en cirugía cardíaca.

Por ejemplo, en algunos países de Europa como Holanda los resultados de las investigaciones con encuestas exponen que la tasa de accidentes es 1 por cada 15.6 perfusiones y la tasa de eventos adversos fue de 1 por cada 1.236 perfusiones, en donde los tres accidentes que se notificaban con mayor frecuencia eran la incapacidad persistente para aumentar el tiempo de coagulación activado por encima de los 400 segundos durante la perfusión, una reacción alérgica o anafiláctica a medicamentos, líquidos o hemoderivados usados durante el tiempo de circulación extracorpórea y, por último, la trombosis de cualquier parte del circuito extracorpóreo.(5) Situación diferente a la que se presenta en Francia, donde se presentan menos accidentes, con una frecuencia de 1 por cada 198 procedimientos realizados y una tasa de eventos de muerte de 1 por cada 4864 procedimientos realizados, y de los tres accidentes que más se presentaron durante los procedimientos, solo uno coincidió con los resultados en Holanda, y fue la trombosis en alguna parte del circuito de circulación extracorpórea, mientras que los otros accidentes fueron la disección en el sitio de la canulación arterial y la presencia de efectos adversos a la protamina. (2)

Además, existen otros estudios que se han realizado en otras regiones del mundo como al sureste de Oceanía, en una región denominada Australasia, en donde se examinó la frecuencia de accidentes reportados en Australia y Nueva Zelanda, encontrando que la tasa de eventos adversos fue de 1 por cada 2500 perfusiones, en las cuales los accidentes que más se reportaban eran diferentes a los presentados en países europeos, entre estos incidentes: falla del intercambiador de calor, el retorno urgente a la derivación después de la eliminación del circuito, la embolia aérea en el circuito (no llega al paciente), el desplazamiento accidental de la cánula, trombosis del circuito posterior a administración de protamina, fallo de alimentación de energía en el hospital y fugas en la membrana del oxigenador(8), lo que muestra que existen distintas fuentes potenciales para que se genere un accidente durante la circulación extracorpórea.

A pesar de que existen variedad de accidentes, en los cuales la causa puede ser por error humano o inherentes al funcionamiento de la máquina o los insumos utilizados, se encuentran accidentes que son un factor común; es decir, se presenta el mismo accidente en todos los distintos países que realizaron encuestas. Dicho esto, es posible observar que accidentes de los que suceden en Australasia y Europa también se presentan en regiones de América, específicamente a nivel de Estados Unidos, en donde se presentan accidentes como: reacciones de protamina, problemas de coagulación y fallas en el intercambiador de calor; los que se reflejaban en una tasa de ocurrencia de un accidente por cada 1453 procedimientos,(4,9) que es relativamente inferior a las reportadas en Australasia.

De igual manera, la perfusión en Colombia, en el contexto de los accidentes, no es indiferente a esta realidad, encontrando similitudes entre los principales accidentes dentro de los cuales se mencionan: cánula arterial mal posicionada, fallas eléctricas, fallas del oxigenador y los problemas del paciente relacionados con un tiempo de coagulación activada por debajo de 400 segundos.(10)

Razón por la cual, actualmente en la literatura existen solo cuatro protocolos publicados y disponibles para cualquier perfusionista que orientan las acciones para enfrentar accidentes en perfusión, y se enfocan en: fallo de centrifuga, manejo de la resistencia y la sensibilidad de la heparina en circulación extracorpórea, falla eléctrica durante el bypass cardiopulmonar y existe un solo documento que proporcionan una guía para el actuar del perfusionista frente a los accidentes llamado “Diez problemas comunes en perfusión: Protocolos de prevención y tratamiento” publicado en la revista Journal of Extracorporeal Technology en el año de 1987. No obstante, existen algunos reportes de caso acerca del fallo progresivo en la transferencia de gases de un oxigenador, fallo de la red eléctrica y suministro del generador de respaldo, y tratamiento del embolismo aéreo masivo.

Dado lo anterior, es importante conocer las diferentes situaciones desfavorables que se pueden presentar durante el manejo e instauración del BCP en cirugía cardíaca, identificando claramente el tipo de accidente generado por múltiples situaciones causales. Lo importante de estos escenarios en cuanto al perfusionista encargado, es estar preparado para enfrentar de manera rápida y eficiente cualquier posible evento ocurrido. En donde se sabe que la prevención de eventos adversos durante la CEC comienza con la experiencia y la comprensión del perfusionista de todos los posibles errores que pueden ocurrir, conociéndolos, tenemos una visión global y se está preparado para enfrentar cualquiera de estas situaciones que ponen en peligro la vida de los pacientes. El conocimiento por parte del profesional fomenta la anticipación de problemas y promueve la vigilancia, utilizando estrategias de prevención de accidentes, que incluyen una adecuada comunicación interdisciplinaria, vigilar la utilización de mejores dispositivos de monitoreo y realizar inspección exhaustiva de equipos.

En la actualidad es necesario continuar desarrollando cada vez más los programas de perfusión encaminados a mejorar la seguridad durante la DCP, a través de la aplicación de dispositivos de seguridad para DCP, así como mejorar la cultura de reporte de los eventos adversos (10) y proporcionar herramientas o recomendaciones sobre la capacitación permanente de los perfusionistas.

2.2. JUSTIFICACIÓN

El personal de salud brinda a los pacientes una atención durante todo su proceso de salud- enfermedad, ello implica realizar dicha actividad con ética y responsabilidad, jamás con la intención de generar algún daño o lesión en el paciente. Es precisamente esto , lo que engloba la seguridad del paciente, ya que tiene como objetivo reducir el impacto y en lo posible eliminar la presentación de eventos adversos.(10)

Tanto es así que la práctica de la perfusión y circulación extracorpórea no es ajena a esta realidad, en la cual cada día crece la importancia de garantizar calidad y seguridad durante el proceso del bypass cardiopulmonar, donde el perfusionista es consciente de la responsabilidad inherente a brindar una perfusión segura. Sin embargo, la perfusión involucra manejar diferentes variables, monitoreo continuo y manipulación de diferentes controles en una máquina que mantienen al paciente conectado con el otro extremo de la vida; un proceso que implica diferentes riesgos para el paciente.(6)

Así pues, se observa que la circulación extracorpórea tiene un riesgo latente que puede llegar a ser infrecuente, sin embargo, cuando se presentan pueden llegar a ser potencialmente fatales o conllevar a una lesión transitoria o permanente en el paciente(11); dentro de las cuales se enmarca la lesión neurológica que es una de la principales causas de morbi-mortalidad asociadas con la DCP y a la cual se le atribuye más del 20% del total de muertes relacionadas con la cirugía cardíaca(12), entre otras.

Es por esta razón, que es importante una rápida identificación de las diferentes situaciones desfavorables presentadas durante la CEC, que conllevan a la ocurrencia de eventos adversos, a través de la preparación y anticipación de los problemas que se puedan presentar.

La forma correcta del saber cómo reaccionar ante estas situaciones desfavorables que se presentan en el desarrollo y mantenimiento del Bypass Cardiopulmonar es mediante la implementación de protocolos de intervención, los cuales deben estar realizados bajo extrema rigurosidad, en la cual, se evidencia de forma clara, ágil y rápida; la forma correcta del actuar por parte del profesional en perfusión en los momentos que se pudieran presentar dichos accidentes. Lográndose el actuar rápido en caso de ocurrencia, se generan beneficios en los pacientes sometidos a cirugía cardíaca y se podría evitar o minimizar el efecto que un accidente puede generar en la calidad de vida del paciente (13), es decir, mejorar el desenlace clínico de los mismos.

De igual manera, representa un beneficio para las instituciones de salud, debido a que el pronto actuar frente a un accidente en la CEC genera efectos beneficiosos para el estado de salud de los pacientes, y consigu disminuye los gastos médicos y tiempos de hospitalización, los cuales pueden llegar a generar sobrecostos al sistema de salud e instituciones (14,15) que según la OMS en algunos países se encuentran entre los US\$ 6000 y US\$ 29000 millones por año (16) y por otro lado se debe tener en cuenta que la ocurrencia de los accidentes deterioran la confianza que tienen los pacientes y la familia hacia el sistema de salud, las instituciones y el personal de salud.(17)

Simultáneamente, adquiere cada vez más relevancia para el perfusionista, el desarrollo de dichas estrategias o protocolos de intervención que tengan como objetivo el reconocimiento y las destrezas para el actuar rápida y correctamente frente a los accidentes presentados, y con esto, disminuir el impacto sobre la salud del paciente. De esta manera hacer de la circulación extracorpórea una actividad cada vez menos riesgosa, con un menor costo en la atención y más segura para el paciente sometido a cirugía cardíaca. Donde se destaque el buen actuar de la profesión, ya que, si se obtienen protocolos de intervención frente a los accidentes al alcance de todo el gremio de perfusionistas, se hablaría un único idioma y se tomarían acciones globales por todos y todas para la disminución de estos incidentes o de los efectos deletéreos de estos.

En definitiva, el desarrollo de estrategias que aseguren la calidad y seguridad del paciente benefician a los perfusionistas, a las instituciones y al paciente en el contexto de una cirugía cardíaca más segura; aun cuando estas estrategias proporcionan un marco común de actuación que tenga validez, que sea reproducible, factible, práctico y aplicable por los diferentes perfusionistas de diversas instituciones, ya que mejorara la calidad de vida de los pacientes, disminuirá costos en las instituciones de salud, generara más confianza por parte de los pacientes y generara una unión gremial profesional.

2.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

- a. ¿Cuáles son las estrategias de prevención, detección e intervención de los incidentes de desconexión o ruptura de líneas y vaciamiento del reservorio que se presentan durante la circulación extracorpórea en Colombia?

3. MARCO TEORICO

En el área de la atención en salud nos vemos enfrentados diariamente a escuchar la palabra accidente, nombrado también como evento adverso, término que se relaciona con conceptos de incidente y error. Entendiéndose accidente, como el daño no intencionado sucedido al paciente, que se presenta como consecuencia de la utilización de un dispositivo médico o de la administración de salud. De igual manera, podría nombrarse evento adverso, el cual es una lesión que resulta de una intervención médica, o, en otras palabras, no se debe a la condición subyacente del paciente. (10)

El informe "To Err Is Human" del Instituto de Medicina, publicado en 1999, en los EUA significó un momento decisivo para el sistema de salud de dicho país, ya que se centró en demostrar la importancia de la seguridad del paciente en las instituciones de salud, concluyendo con datos estadísticos, que entre 44.000 a 98.000 personas mueren al año en los hospitales de los EUA, como resultado de errores que se suceden en el proceso de atención de salud. Siendo una altísima cifra, que logró situarse en los primeros lugares de la cifra relacionada con la mortalidad, incluso por encima de la mortalidad producida por accidentes de tránsito, por cáncer de mama o por SIDA. Estas cifras llevaron a que el gobierno ordenara la creación de un comité para investigar la calidad del cuidado médico.(17)

De igual manera en el contexto mundial sobre este tema de gran importancia para la Salud pública, las instituciones prestadoras de servicios de salud y el personal asistencial, la OMS (Organización Mundial de la Salud) estima que, cada año, decenas de millones de pacientes sufren lesiones discapacitantes o mueren como consecuencia de prácticas médicas o atención insegura. Generando una cifra de una persona afectada por cada 10 pacientes atendidos en el sistema sanitario, debido a esta causa.(16)

La seguridad del paciente es un tema que se ha venido manejando a nivel mundial. En las instituciones de atención de salud es necesario prestar los servicios de con estándares óptimos de calidad, donde los riesgos derivados de la atención cada día sean menores y así garantizar cuidados de calidad y oportunos. A nivel mundial se ha tratado de que los países cuenten con una cultura de seguridad del paciente y de acuerdo con la OMS, ésta se define como "Patrón integrado de comportamiento individual y de la organización, basado en creencias y valores compartidos, que busca continuamente reducir al mínimo el daño que podría sufrir el paciente como consecuencia de los procesos de prestación de

atención”.(16) De esta manera algunas organizaciones internacionales en unión con gobiernos de diversos países desarrollan iniciativas para apoyar estrategias que contribuyan a la mejoría de la seguridad del paciente en todo el mundo. Por lo consiguiente la OMS en la Asamblea Mundial del 2004 “acordó organizar una Alianza Mundial para la seguridad del paciente, la cual fue puesta en marcha el 27 de octubre de este mismo año”.(16) Dicha Alianza trata de una “serie de medidas claves para reducir el número de enfermedades, traumatismos y defunciones que sufren los pacientes al recibir atención sanitaria” teniendo como objetivo principal “Ante todo, no hacer daño”, premisa otorgada por Hipócrates y luego atribuida a Galeno, quienes dieron paso a formarla como frase basada en la ética médica.

Esta Alianza Mundial, es un instrumento que facilita el intercambio de experiencias entre diferentes países, en las cuales se proporcione el desarrollo y la implementación de políticas relacionadas con el tema de la Seguridad del Paciente, tomándose como reto global.

En Colombia, igualmente se ha venido trabajando junto con el Ministerio de la Protección Social, el tema de la Seguridad el Paciente, el cual presenta los lineamientos para que se lleve a cabo dicha política y se implemente en cada uno de los servicios de las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud del país. Entendiéndose por Seguridad del paciente: “El conjunto de elementos estructurales, procesos, instrumentos y metodologías basadas en evidencias científicamente probadas que propenden por minimizar el riesgo de sufrir un evento adverso en el proceso de atención de salud o de mitigar sus consecuencias”. (18) Siendo este un factor indispensable en tener en cuenta al momento de brindar la atención en salud a la población vulnerable ante una situación.

En cuanto a la Política de Seguridad del Paciente fue expedida en junio de 2008, es transversal a los cuatro componentes del Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad y es una forma de evaluar permanentemente los riesgos asociados a la atención en salud y de calificar a las Instituciones como seguras. “La orientación hacia la prestación de servicios de salud más segura, requiere que la información sobre seguridad del paciente esté integrada para su difusión, despliegue y generación de conocimiento con la finalidad de estimular en los diferentes actores al desarrollo de las acciones definidas en las líneas de acción y el logro del objetivo propuesto. (18) Dicha política tiene por objetivo el prevenir que sucedan de nuevo situaciones que puedan afectar la seguridad del paciente, disminuir y/o eliminar la ocurrencia de eventos adversos, con el fin de contar en nuestro país con Instituciones de Salud seguras y competitivas internacionalmente.

La seguridad del paciente representa el objetivo principal del cuidar en la salud, siendo este uno de los principales cimientos en los que se basa la atención por parte de un equipo interdisciplinar. Esta atención brindada en los diferentes sistemas de prestación de servicios es compleja y conlleva intrínsecamente un alto riesgo de alteraciones o afecciones a la seguridad de los pacientes.(10) Es obvio que la labor de salud que se brinda hacia los pacientes por parte de los trabajadores de la salud se brinda con ética y responsabilidad, sin la intención de producir daño en nuestro actuar, pero no se puede omitir los complejos procesos a los que nos vemos enfrentados en la labor, donde existen posibilidades que las cosas no resulten tan bien como se esperaba por múltiples factores, como el error humano, la carga labora, las dificultades con los procesos del sistema de salud, la desatención, daños en infraestructura e insumos, entre otros. (17)

Dentro de la Política de Seguridad del Paciente anteriormente mencionada, cabe resaltar que esta, intenta la rápida y fácil identificación de los posibles eventos adversos que puedan desencadenar alteraciones mortales en los pacientes, identificar posibles errores prontamente y con capacidad resolutive, en el menor tiempo posible, genera menos complicaciones tanto al paciente, como al sistema de salud.

Por otra parte, en el ámbito de las enfermedades no transmisibles presentadas en mayor proporción en nuestra población, se evidencia un aumento de las enfermedades cardiovasculares (ECV), las cuales representan la principal causa de aumentos en las tasas de mortalidad y morbilidad en nuestro país y de igual manera a nivel mundial, “catalogándose como una epidemia que no distingue sexo, edad o localización geográfica”. Según la OMS, las enfermedades cardiovasculares fueron la causa principal de defunción por enfermedades no transmisibles (ENT) en 2015 y fueron responsables de 17,7 millones de fallecimientos, o el 46% de las muertes por dicho grupo de enfermedades. De estas muertes, se estima que 7,4 millones se debieron a ataques cardíacos (cardiopatía isquémica). Más de tres cuartas partes de las defunciones por ECV se producen en los países de ingresos bajos y medios. Existen factores de riesgo que se podrían prevenir en la mayoría de las ECV, estos se consideran comportamentales, tales como el consumo de tabaco, las dietas malsanas y la obesidad, el sedentarismo o el consumo nocivo de alcohol. (19) Por esta razón la disminución de estas ENT ira en pro de la reducción de dichos factores, desencadenantes de las patologías cardiovasculares, generando estrategias de control, que estén encaminadas a los adecuados hábitos de vida.

Estas enfermedades cardiovasculares; son representadas por un grupo de desórdenes del corazón y de sus vasos sanguíneos, en las cuales están incluidos, en mayor proporción; la cardiopatía coronaria, la cual es la enfermedad de los vasos sanguíneos que irrigan al músculo cardíaco, llamado de igual manera cardiopatía isquémica, la falla cardíaca y las enfermedades cerebrovasculares, y en menor proporción las cardiopatías congénitas, trombosis venosa profundas y embolias pulmonares.(19)

En relación con dicha problemática en Colombia, el análisis y aplicabilidad de la epidemiología relacionada con las ECV va sujeta de los cambios de transición demográfica que ha sufrido el país, inicialmente con el envejecimiento de la población seguido de los cambios en los estilos de vida, que van sujeto a las edad, convirtiéndose en factores de riesgo cardiovasculares, tales como la hipertensión arterial, la diabetes, la hiperlipidemia o alguna ECV ya confirmada, siendo fundamental su detección precoz y el tratamiento temprano, ya que generan gran carga en la morbilidad y mortalidad, la cual según la OMS, para el año 2011 por cada 100.000 habitantes para ECV y para la diabetes es de 166,7 para mujeres y 205,9 para los hombres. Siendo las enfermedades cardiovasculares, la primera causa de muerte en los colombianos, con valores en el año 2011, de 60.000 personas, lo que significó que, por cada muerte presentada durante ese año de cualquier etiología, se ocasiono 1 muerte por parte de las ECV.(16)

De esta misma manera, como se mencionó anteriormente, que la patología isquémica, la cual se relaciona con mayor causa de mortalidad, se refiere a la enfermedad arterial oclusiva coronaria, causada por el daño endotelial, generando aumento de los depósitos de lipoproteínas y sustancias inflamatorias, que producen una placa ateromatosa que disminuye la luz de las arterias coronarias y a su vez genera un inadecuado flujo sanguíneo, generador de los efectos isquémicos cardíacos. En el año 2011 esta patología fue la causa de mayor número de muertes fatales en Colombia con un total de 29.000 defunciones, es decir, en promedio 80 personas al día mueren a causa de esta enfermedad, en cuanto al género los más afectados fueron los hombres con 16.000 casos.(16)

Como resultado a los datos estadísticos mencionados anteriormente, surge la necesidad de controlar este tipo de patologías cardiovasculares, con el objetivo de reducir los altos índices de mortalidad, para ello está disponible la opción terapéutica, enfocada en mejorar la calidad de vida o el pronóstico de vida de la población afectada. De este modo la cirugía cardíaca sigue teniendo un papel fundamental y con gran importancia dentro del conjunto de opciones terapéuticas para el tratamiento de múltiples cardiopatías, a pesar de los grandes avances

farmacológicos e intervencionistas. De este modo para el contexto quirúrgico existen dos grandes campos de actuación, la cirugía coronaria y la valvular. (8) La cardiopatía coronaria está asociada en gran medida al proceso y cambios asociados del envejecimiento normal, a los cuales va enfocado la disminución o control de los factores de riesgo y al tiempo en que se van conociendo y se controlan cada vez mejor sus factores de riesgo, la edad en la que se manifiesta se ha ido retrasando hasta convertirse en una patología típicamente geriátrica.

Por otro lado, lo que concierne a las enfermedades valvulares, estas tienen un carácter residual de la enfermedad reumática, (20) en la que la edad no siempre está asociada a mayor padecimiento, siendo el diagnóstico de dichas patologías, las insuficiencias o estenosis valvulares, que generan múltiples alteraciones cardiovasculares, llegando a presentar falla cardíaca severa, con cambios estructurales y funcionales con gran compromiso orgánico. Así pues, existen otras posibilidades de intervención quirúrgica, pero en términos cuantitativos resultan poco menos que simbólicas, como las comunicaciones interventriculares e interauriculares, las correcciones de cardiopatías congénitas, entre otras.

Las indicaciones para realizar las intervenciones quirúrgicas y tomar la decisión sobre el modo de realizarlas en los pacientes con diagnósticos descritos se desprenden de sopesar las ventajas y los inconvenientes presentados en relación paciente, junto con el nivel de afectación funcional y estructural cardíaco del proceso patológico. (21) El objetivo principal de la realización de la cirugía cardíaca es mejorar tres características prioritarias en el paciente afectado; la calidad de vida, disminuir la mortalidad y reducir o eliminar sintomatología.

En un estudio realizado por *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* en 2007, en el cual evaluaron la calidad de vida posoperatoria (POP) en 136 pacientes sometidos a cirugía cardíaca, incluyeron los principales procedimientos, como el injerto de derivación de la arteria coronaria (CABG), el reemplazo de la válvula aórtica (AVR) y los procedimientos combinados. El seguimiento de la investigación concluyó en un total de 890 días. Generando como resultado una mejoría en calidad de vida notable y un progreso importante en el estado funcional después de la cirugía cardíaca en pacientes mayores de 80 años con una supervivencia satisfactoria a medio plazo. Demostrada por la tasa de mortalidad POP al mes siguiente de la cirugía del 4,4% (6 pacientes), y a mediado plazo, de 3 a 5 años la supervivencia fue del 73-93%, con una tasa mayor en procedimientos de AVR aislado con el 75% de pacientes vivos a mediano plazo. Además, en relación con la calidad de vida, en este estudio, se demostró que en el 93% de los encuestados los síntomas disminuyeron después de la realización de su cirugía, no obstante, el

92,5% de la población mencionó que la enfermedad cardíaca no generaba interferencia con el disfrute diario de la vida en el periodo POP, generando una mejoría de su calidad de vida. Por las anteriores razones se justifica la realización del procedimiento quirúrgico cardíaco de manera temprana para la enfermedad cardíaca. “Por lo tanto, la práctica de derivación para pacientes mayores de 80 años para cirugía cardíaca debe manejarse generosamente” (22)

De igual manera, no se puede omitir el riesgo inherente que existe al someterse a una cirugía cardiovascular y las múltiples repercusiones que pueden suceder de esta injuria, riesgos que están directamente relacionados con múltiples características individualizadas de los pacientes, como; tipo de cirugía a realizar, antecedentes patológicos, diagnóstico, estadio de falla cardíaca, sintomatología previa, si el procedimiento es reintervención, edad del paciente, entre otras. En relación con la estratificación del riesgo - pronóstico perioperatorio existen múltiples escalas que determinan la medición del riesgo en cuanto a morbilidad y mortalidad, entre ellas, las más utilizadas en la actualidad, la de Parsonnet, el euroSCORE (Sistema Europeo para la Evaluación del Riesgo Quirúrgico Cardíaco) y la de la Sociedad de Cirujanos Torácicos (STS). Entre estas, varían en correlación de predictor de riesgo de morbilidad y mortalidad con relación a distribución de pacientes por riesgo, la media esperada, y la media observada.(23)

Es de gran importancia conocer los beneficios y posibles factores de riesgo a los que se enfrentan los pacientes al someterse a una cirugía cardíaca, viéndolo desde una perspectiva epidemiológica, en España durante el año 2017, La Sociedad Española de Cirugía Torácica-Cardiovascular presentó el informe de los resultados de la actividad de cirugía cardiovascular en el país. Se realizaron un total de 36.692 procedimientos de cirugía cardiovascular, de estos, 29.056 (79,2%) en procedimientos de patologías adquiridas, 2.127(5,8%) de cirugía cardíaca congénita y 5.509 (15%) de cirugía vascular periférica. De este total el 63,4% fueron cirugías cardíacas mayores, de las cuales el 89.8% corresponden a cirugías que requirieron de uso de Circulación Extracorpórea (CEC). (24) Entendiéndose esta como, un estado de shock controlado, que permite manejar la función hemodinámica del paciente por una profesional en perfusión de acuerdo a las necesidades del paciente y del cirujano por medio de un cortocircuito venoso-arterial, que permite drenar la sangre (GC) del paciente; del extremo venoso hacia una máquina oxigenadora, que hace el papel del corazón, los pulmones y en menor medida de los riñones y luego impulsa esa sangre ya oxigenada al sistema arterial (perfundiendo todos los órganos) y permitiendo de esta forma mantener el corazón y el campo quirúrgico exsanguíneo y en reposo para que sea fácil su manipulación quirúrgica.

Los inicios de esta técnica fueron determinados por el Dr. John Gibbon a mitad del siglo XX, joven residente de cirugía general del Hospital General de Massachusetts, con 28 años ideó la primera máquina de corazón-pulmón mientras atendía a pie de cama a una paciente afectada de embolismo pulmonar masivo tras una colecistectomía. El 6 de mayo de 1953 realizó la primera intervención a corazón abierto utilizando la CEC en un paciente de 18 años con comunicación interauricular (CIA), obteniendo resultados positivos en ese intento. Desde ese momento hasta la actualidad, esta técnica ha evolucionado, debido al desarrollo tecnológico y sofisticación de esta, ya que, está influenciada por diversos dispositivos mecánicos y respuesta variables del paciente.(4)

Sin embargo, a pesar de esto existe un interés reciente por disminuir el uso de la técnica de CEC dentro de las cirugías cardíacas por los múltiples mecanismos que generan afectación orgánica y multisistémica, además que se asocian con el riesgo de ocurrencia de eventos adversos, que no se presentan con frecuencia; con tasas menores al 2%, pero que cuando estos eventos desfavorables suceden pueden ocasionar un aumento indiscriminado en la mortalidad quirúrgica, de aproximadamente el 70% (25). No se ha logrado disminuir la CEC de manera representativa, reflejándose en los porcentajes de uso de esta técnica en la mayoría de los procedimientos quirúrgicos de manipulación cardíaca.

En contexto de lo mencionado anteriormente, se hace imprescindible que el profesional de perfusión, como especialista, tenga en cuenta la realidad de la salud en el ambiente en que ejerce su actividad. Para ello, debe enmarcarse en la normatividad y procurar el conocimiento de esta; dentro del panorama de la seguridad del paciente el Ministerio de la Protección Social en Colombia emite una serie de parámetros a través del Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad en Salud (SOGCS), los cuales facilitan la comprensión y el abordaje de los conceptos de seguridad.

Por ejemplo, las definiciones que se encuentran en estos documentos definen la seguridad del paciente como una compilación de herramientas estructurales, procesos, instrumentos y metodologías basadas en la evidencia científica que tienen como finalidad minimizar el riesgo de ocurrencia de un evento adverso durante el proceso de atención en salud o de mitigar sus consecuencias (26). Además, con la finalidad de unificar la terminología define tres conceptos de la siguiente manera:

- ❖ **EVENTO ADVERSO:** Es el perjuicio causado al paciente de manera no intencional que se presenta durante la atención en salud con un desenlace clínico no esperado. (26)
- ❖ **COMPLICACIÓN:** Consecuencia clínica desfavorable inherente a las condiciones propias de salud/enfermedad del paciente. (26)
- ❖ **INCIDENTE:** Error en el proceso de atención en salud que no alcanza a generar en el paciente una complicación o evento adverso. (26)

El perfusionista al ser parte del proceso asistencial debe propender por disminuir los eventos adversos a pesar de su baja frecuencia; sin embargo, al estar relacionado con múltiples variables tanto del paciente, como el manejo de la máquina se presentan más incidentes que eventos adversos. Es por esta razón, que la profesión de perfusión debe conocer cuáles son los incidentes que más se presentan, cómo prevenirlos y aún más cómo manejarlo, para evitar que el incidente se transforme en un evento adverso.

Por lo tanto, la CEC se considera un procedimiento que brinda atención en salud, el cual es complejo y requiere un alto nivel de competencias y destrezas, también como múltiples sistemas de seguridad, que permita brindar una práctica segura. A pesar del avance en la tecnología, profesionalización, la ingeniería, los insumos y atención brindada durante el Bypass cardiopulmonar (BCP) haciendo que sea un campo más seguro, sigue considerándose una actividad en la que se pueden presentar múltiples eventos adversos o accidentes potenciales. (10)

Estos accidentes se pueden clasificar desde diferentes perspectivas a partir el objeto de estudio, por ejemplo, según la causalidad los accidentes se dividen específicamente en:

1. **Fallas relacionadas con el personal** también considerados errores humanos, entre los cuales destacan embolia gaseosa originada en circuito de CEC, trombosis o coagulación del circuito, desconexión o rupturas, falla en suministro de gas, vaciamiento del reservorio, calibre inadecuado de canulación, canulación mal posicionada, protección miocárdica inadecuada, entre otros.
2. **Fallas relacionadas con los insumos, materiales y equipos**, como fallas del oxigenador, filtros y hemofiltro defectuosos de fábrica, fallas eléctricas

de la máquina de circulación extracorpórea, fallas del intercambiador de calor y fallas en la planta eléctrica.

3. **Fallas relacionadas con condiciones clínicas del paciente**, entre ellos, un tiempo activado de coagulación (ACT) disminuido, reacción adversa a la protamina y resistencia elevada en la vía arterial.(10)

Los diversos incidentes presentados en la atención de salud se pueden atribuir a múltiples factores determinantes, entre estos, se encuentran; la falta de sistematización, disminuida inversión en tecnología que mejore los esquemas de seguridad, aumento en la complejidad de los procedimientos terapéutico o causales relacionados con la propia atención en salud por parte de errores humanos.

Teniendo en cuenta lo anterior, se advierte que los accidentes en CEC son multifactoriales por lo que es imprescindible que los perfusionistas comprendan y analicen todas las posibles causas y riesgos que los pueden llevar a afectar la seguridad y la vida del paciente durante la cirugía. Existen múltiples ocasiones y momentos en los que es difícil entender rápidamente el evento adverso que puede suceder, convirtiéndose en un suceso potencialmente dañino si no se realizan las diferentes acciones preventivas, por esta razón, el profesional en perfusión debe estudiar, memorizar y comprender correctamente los incidentes que podrían ocurrir, ya que entendiendo a la perfección la forma de actuar frente a ellos de una manera ágil y eficaz; se podrían beneficiar los pacientes al prevenirlos de una situación crítica como la comentada.(27)

Según López y cols., existen dos tipos de perfusionistas; los que han tenido un accidente durante la CEC y los que lo van a tener. (27) Es por esta razón, que la mejor manera de estar preparados para encontrar una solución a los accidentes durante el BCP es inicialmente conocerlos, posterior a esto mantener un estado de alerta constante hacia todos los tipos de fallos que se puedan encontrar, con un chequeo doble de todo el proceso del armado, inicio, mantenimiento y salida de la bomba de CEC. No se logra evitar que dichos sucesos impredecibles se eliminen, ya que no está dentro de nuestras opciones, pero si, adquirir las destrezas intelectuales, físicas y mentales para saberlos solucionar.(27).

Los accidentes durante la Circulación Extracorpórea pueden ser de dos tipos

1.El mecánico: que depende del lugar que se origine el fallo en relación con todo el circuito de armado y máquina, o el embolismo aéreo. En relación con el tipo mecánico, se subdivide en:

a. A nivel del campo y líneas, algunos de los incidentes presentados son las angulaciones, torceduras y obstrucciones de la tubería del circuito, las cuales generan que se retenga volumen sanguíneo en el paciente, que no permita que el flujo viaje en la correcta dirección, o que, por el aumento de la presión dada la resistencia puesta, se genere el estallido o desconexiones de las líneas. Estas desconexiones también se pueden presentar por uniones inadecuadas entre las líneas y los conectores, que generen facilidad en el desacople, generando acciones inseguras en el adecuado mantenimiento del BCP. Respecto a posibles inconvenientes presentados en la tubería, se puede evidenciar roturas, erosiones y agrietamientos por la acción del cizallamiento que se produce en las máquinas a base de rodillos, la cual, por su acción erosiva, puede llegar a presentar el fenómeno de la espalación, el cual se entiende como la producción de fragmentos de tubería por el estrés presentado ante su superficie por el contacto dentro de los rodillos. En la tubería de silicona la erosión comienza de adentro hacia afuera y en los de polivinilo de afuera hacia dentro. (27)

Así mismo, dentro del mismo ítem, se encuentran los incidentes relacionados con la canulación, tanto venosa como arterial, con la primera se pueden presentar complicaciones como repercusiones hemodinámicas relacionadas a una inadecuada posición de las cánulas, si se introduce más de lo que se debe en relación a la canulación única en la aurícula derecha, se puede generar entorpecimiento y disminución del retorno venoso (RV), que finalmente comprometería el índice cardíaco suministrado al paciente, generando una hipoperfusión tisular. De la misma manera en la canulación bicava, en la vena cava superior (VCS) se puede encontrar una inadecuada dirección de la cánula, hacia la vena ácigos o hacia la aurícula izquierda en caso de una comunicación interauricular (CIA)(27), que generaría inadecuado RV. Igualmente, en la VCS una mayor introducción de la cánula o una cánula mayor que el diámetro, puede generar el Síndrome de Vena Cava, el cual se define como la obstrucción parcial o total del drenaje de la circulación venosa del hemicuerpo superior, que genera retención del volumen sanguíneo en cerebro y miembros superiores, generando edema cerebral, biperpalpebral y graves lesiones neurológicas.(28)

Si la canulación es arterial, en la aorta ascendente, de igual manera podría tener una inadecuada posición, siendo selectiva hacia el tronco braquiocefálico o hacia la carótida izquierda, causando que el índice cardiaco propiciado hacia el organismo tome otra dirección generando hiperflujo cerebral, edema facial y conjuntival, otorrea, entre otros.

Entre otros múltiples inconvenientes inherentes a la actividad de perfusión, sino a la técnica quirúrgica empleada por los cirujanos; con relación a la canulación, se evidencia la posibilidad de direccionar la cánula hacia la raíz aortica, donde se hayan los baroreceptores carotideos y puede generar falsos valores de la presión arterial o presión de perfusión, determinada por la PAM durante el BCP. También la cánula arterial puede chocar con la pared o estar redireccionada hacia la válvula aortica, propiciando el volumen sanguíneo hacia el ventrículo izquierdo, causando dilatación y falla cardiaca. Por último, puede estar invertida la canulación, siendo la cánula venosa conectada hacia la arterial y viceversa, generando alteraciones hemodinámicas severas en el paciente, como; caída brusca de la presión arterial, llegada de gran volumen sanguíneo arterializado por la línea venosa, dilatación severa de aurícula y ventrículo derecho, con el efecto contrario en el corazón izquierdo. Estas acciones se pueden prevenir confirmando con el equipo quirúrgico en el momento de la canulación, evitando efectos deletéreos en los pacientes durante el uso de la circulación extracorpórea.

- b. **A nivel del reservorio de cardiomotía y aspiradores;** entre los incidentes presentados se evidencian las oclusiones u obstrucciones, debidas a partículas aéreas, grasas o fragmentos extraños que puedan llegar de los aspiradores del campo quirúrgico; entre ellos fragmentos de suturas, cera, coágulos, etc., o por el contrario si equivocadamente se tiene clampada alguna tubería del oxigenador generaría una presurización del circuito que produciría una embolia aérea como incidente.
- c. **A nivel del oxigenador,** existen múltiples fallas o errores que se pueden encontrar durante el inicio o mantenimiento del Bypass Cardiopulmonar, entre ellos, incorrecta conexión de la línea de entrada del oxígeno y mezcla de gases hacia el oxigenador, produciendo desaturación en la sangre, se obtendría un intercambio gaseoso inadecuado, y se evidencia por el color oscuro de la sangre hacia el paciente que sale del oxigenador hacia la línea arterial, esto causa múltiples alteraciones en el metabolismo aerobio en los pacientes, el déficit de O₂ y la desaturaciones, afectarían en mayor proporción al cerebro, órgano que no maneja ninguna tolerancia a la falta de oxígeno, y la hipoxemia

generaría daño neuronal y alteraciones neurológicas y cognitivas severas en ellos.

Por otro lado, en el oxigenador se encuentran las conexiones hacia el intercambiador de calor, equipo indispensable en la CEC, el cual se encarga del control de la temperatura del perfusado en caso de necesitarse, en relación a este equipo, algunas de las fallas que se pueden encontrar serian; el mal funcionamiento del termostato, generando recalentamientos excesivos, que desencadenarían que el oxígeno dejara de estar disuelto produciendo micro émbolos, burbujas, desnaturalización de las proteínas plasmáticas y trastornos hemodinámicos en los pacientes.(27) Por el contrario, otros errores encontrados serian, las roturas, desconexiones, el fallo del oxigenador y la trombosis de este. En relación con las roturas y desconexiones, se producen en gran medida por el tránsito de personas cerca de la tubería o por sobre presurización de los circuitos que harían que el aumento de la presión genera las desconexiones y la consecuente producción de embolismo aéreo. El fallo puede ser un defecto de fabricación o malfuncionamiento a corto plazo, que debería evidenciarse lo más pronto posible, por los parámetros de perfusión optima manejados durante el BCP, como la saturación, los gases arteriales y venosos, de igual manera la diferencia de color en la sangre de la tubería seria también un indicador de funcionamiento, la sangre arterializada con un color rojo fuerte y la venosa más oscura. Finalmente, la trombosis del oxigenador va depender en su totalidad de la coagulación que se maneje con el paciente y los niveles óptimos de esta, evaluando el tiempo de coagulación activado (ACT), que los niveles óptimos serian entre 450-600segundos para garantizar el adecuado funcionamiento, pero por múltiples motivos estos niveles no llegan a ser óptimos y se podría presentar esta falla.(27)

- d. **A nivel de la bomba**, dentro de los accidentes mecánicos, se encuentra el mal calibrage de los rodillos, que pueden generar hipoperfusión e hipovolemia aguda, ya que ingresa mayor cantidad de sangre en relación con la que sale hacia el paciente. Por otro lado, se puede generar roturas de circuitos, rodillos desbocados, perdida de energía eléctrica y colocación de rodillos invertidos. (27)

2. **El embolismo aéreo (EA)**, entendiéndose como la entrada de aire al sistema del BCP o al paciente. En relación con el EA masivo hacia el paciente, las causas de que se produzca paro cardiaco o de perturbación grave del gasto cardiaco, depende de varios factores; como la cantidad de aire que logro entrar a la circulación, la solubilidad del gas, su localización, el estado del corazón durante el suceso, la localización del gas y la posición del paciente.(27) Pero el manejo de

dicho accidente debe realizarse en conjunto con todo el equipo interdisciplinario en el quirófano, tanto el anesestesiólogo cardiovascular, los cirujanos, enfermeras, y perfusionistas, existe por lo tanto un protocolo de manejo ante el embolismo aéreo masivo durante la CEC, donde el principal órgano afectado es el cerebro, con múltiples consecuencias. Por contrario el EA producido en el circuito de la CEC, es responsabilidad puramente de la perfusionistas al mando, la persona capaz de solucionar dicho inconveniente, relacionado con el vaciamiento del reservorio venoso y el consiguiente embolismo en el circuito. Múltiples causas podrían generarlo, como un inadecuado retorno venoso, por una canulación inadecuada, por el pinzamiento inadvertido de las tuberías en el campo quirúrgico, por maniobras de introducción de cardioplejía, cánulas, drenes, entre otros, en donde se tenga al mismo tiempo una succión, por la apertura de cavidades cardiacas mientras el corazón está latiendo y eyectando, por aumento de las presiones que generan ruptura, oclusiones o angulaciones, entre otras.(27)

Por las causas anteriormente mencionadas, de la gran cantidad de accidentes que se pueden evidenciar durante la CEC, se debe tener una actitud de alerta siempre, verificando cada momento las acciones a realizar, y estar preparadas para afrontar dichas situaciones de estrés y que podrían repercutir en los pacientes.

En Colombia se realizó un estudio descriptivo acerca de los principales incidentes que le ocurren a los perfusionistas, los datos se obtuvieron a través de una encuesta realizada a 42 perfusionistas en el presente año. Este es el estudio más reciente, que abarca el panorama nacional y el resultado que generó este estudio, es que los principales incidentes que se presentan a los perfusionistas en Colombia son la desconexión o ruptura de líneas del circuito con una incidencia de 45,7% y el vaciamiento del reservorio venoso con una incidencia del 43,5%; es decir, estos dos son los incidentes que se presentan con mayor frecuencia en una cirugía con requerimiento de circulación extracorpórea.(29)

Es por ello, que este trabajo se dedica a realizar un protocolo de prevención, detección e intervención de los dos accidentes que se registraron con mayor frecuencia en el año 2019 en Colombia según 42 perfusionistas entrevistadas a nivel nacional. (29)

4. OBJETIVOS

4.1. GENERAL

Diseñar los protocolos de prevención, detección y atención de los incidentes de desconexión o ruptura de líneas y vaciamiento del reservorio ocurridos durante la Circulación Extracorpórea, con el fin de brindar orientación que permita mejorar la seguridad y calidad durante la cirugía cardíaca en Colombia.

4.2. ESPECIFICOS

- Documentar y analizar las estrategias de prevención, detección y atención frente los accidentes de desconexión o ruptura de líneas y vaciamiento del reservorio ocurridos durante la circulación extracorpórea.
- Establecer los algoritmos de prevención, detección y atención frente a los accidentes de desconexión o ruptura de líneas y vaciamiento del reservorio ocurridos durante la circulación extracorpórea.
- Identificar el rol del perfusionista en la prevención, detección y atención frente a los accidentes de desconexión o ruptura de líneas y vaciamiento del reservorio ocurridos durante la circulación extracorpórea.

5. METODOLOGIA

5.1. ENFOQUE METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

- **Criterios para la selección del material**

El tipo de estudio que se realizará es una revisión documental en busca de la mejor evidencia disponible en cuanto a los protocolos de intervención frente a la desconexión o ruptura de líneas y vaciamiento del reservorio

La búsqueda se desarrollará de la siguiente manera

- Bases de datos electrónicas: Pub Med, Clinical Key, Oxford Journals, Ovid, Access Medicine, SAGE Journals, Scielo, Embase y Lilacs, las cuales fueron escogidas por ser ampliamente utilizadas en el campo científico y en específico en el área de la salud.
- La búsqueda se hará centrada en temas en los cuales se haga referencia a los accidentes ocurridos durante la circulación extracorpórea y protocolos de actuación frente a estos.
- **Palabras claves:**
Se hará uso de las siguientes palabras claves para la realización de la búsqueda en las bases de datos mencionadas anteriormente:
 - ✓ circulación extracorpórea
 - ✓ Accidentes
 - ✓ eventos adversos
 - ✓ protocolos
 - ✓ algoritmos de atención.

- **Filtros**

- Los filtros que se usarán para la búsqueda serán: humanos, mayores de 18 años, en el idioma de español, inglés y portugués.

La búsqueda será realizada teniendo en cuenta artículos publicados en las diferentes disciplinas de la salud que puedan estar involucradas en el desarrollo del tema en cuestión como lo son la medicina y la Enfermería reconociendo que estas pueden aportar diferentes puntos de vista que permiten comprender mejor dicha problemática.

- El almacenamiento y referenciación de la información recolectada se hará a través del programa Zotero para luego ser procesada e interpretada a través de fichas bibliográficas que permitirán a su vez el cruce de información por medio de una matriz de procesamiento de información.

- **Temporalidad**

- Se realizará una revisión exhaustiva de la bibliografía existente en el tema de interés teniendo como filtro el periodo comprendido entre 1997 y 2019.

- **Técnicas de recolección de la información material impreso**

La revisión se hará en bases de datos con reconocimiento científico, así como revistas y libros no anteriores a 10 años, en cuanto al material impreso se tendrán en cuenta revistas indexadas y libros con reconocimiento en la comunidad de la perfusión, por otro lado, se realizarán reuniones grupales con profesionales expertos en el área de la perfusión

con el fin de obtener información con referencia a los protocolos de atención a los principales accidentes.

5.2. PLAN DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se realizará un análisis teórico y crítico de la bibliografía e información obtenida que dé respuesta a los objetivos planteados.

A cada uno de los artículos filtrados se le aplicará la escala grade para evaluar la clase y el nivel de recomendación de los artículos y será en esos en los que se basará las recomendaciones registradas en él protocolo.

5.3. TIPO DE ESTUDIO

Investigación/revisión documental cuyo tema de interés se basa en las intervenciones que se deben tener para corregir los accidentes que se presentan durante la circulación extracorpórea.

6. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Con esta revisión documental se pretende diseñar los protocolos de atención para intervenir dos principales accidentes presentados durante la Circulación Extracorpórea realizada en intervenciones cardiacas, estos son; la desconexión o ruptura de líneas y el vaciamiento del reservorio, con el fin de brindar orientación que permita mejorar la seguridad y calidad durante la cirugía cardiaca en Colombia.

Por tanto, obtendremos la información recogida de múltiples bases bibliográficas, realizando una revisión a profundidad sobre nuestro tema a tratar, por esta razón nuestro trabajo se basa en los criterios éticos para revisiones investigativas, como la Resolución 8430 de 1993, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.

Este tipo de estudio se considera sin riesgo debido a que no contempla el ser humano como sujeto de estudio y no se realizará ninguna observación, intervención o análisis en él. Por consiguiente, no existe probabilidad de que el sujeto de investigación sufra algún daño como consecuencia inmediata o tardía del estudio.

De igual manera se respetará los derechos de autor según la Ley 1915 del 12 julio de 2018, la cual modifica la Ley 23 de 1982. En la cual se establecen disposiciones para los derechos de autor, respetando las normas jurídicas de los derechos morales y patrimoniales de autores de la literatura, de manera adecuada y correcta, velando por garantizar una bibliografía y citas acertadas.

Finalmente, por la poca disponibilidad literaria sobre el tema principal de la revisión bibliografía hasta el momento, es necesario velar por el adecuado crédito y respeto por la información obtenida de los expertos, en este caso las perfusionistas con mayor experiencia, quienes nos corroborarán la información

encontrada en relación con la real ocurrencia de estrategias de manejo para los principales accidentes presentados por la literatura y la realidad quirúrgica.

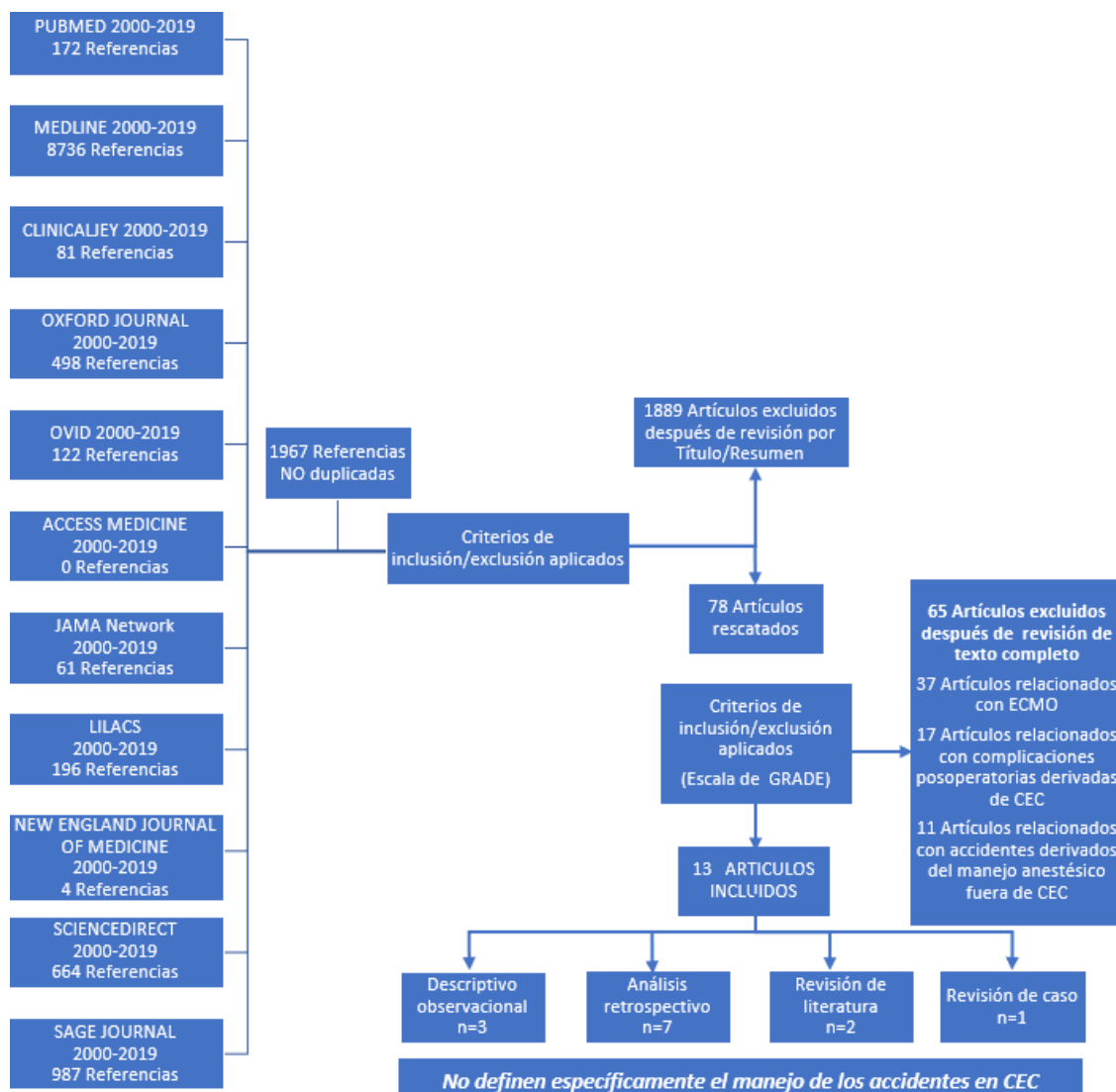
7.2. PRESUPUESTO

TABLA No. 2: Descripción del presupuesto

UNIVERSIDAD CES <small>Un compromiso con la excelencia</small> BOGOTÁ		FORMATO CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO							
Código: FR-IN-020	Fecha: 25/01/2019	Investigación e Innovación		Versión: 04					
PROCESO									
TÍTULO DEL PROYECTO		PROTODOLOS DE INTERVENCIÓN PARA LOS ACCIDENTES DE DESCONEXIÓN O RUPTURA DE LINEASY VACIAMIENTO DEL RESERVOIR EN CIRCULACIÓN EXTRA CORREA EN COLOMBIA							
PRESUPUESTO GENERAL		ENTIDADES FINANCIADORAS							
RUBROS		DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN	ENTIDAD 2		ENTIDAD 3	ENTIDAD 4			
		Dinero	Dinero	Especie	Dinero	Especie			
PERSONAL CIENTIFICO		\$							
PERSONAL DE APOYO		\$							
VIAJES		\$							
SALIDAS DE CAMPO		\$							
EVENTOS CIENTIFICOS		\$							
EQUIPOS Y SOFTWARE		\$							
MATERIALES		\$							
SERVICIOS TÉCNICOS		\$							
BIBLIOGRAFÍA		\$							
PUBLICACIONES Y PATENTES		\$							
TOTAL		\$	\$	\$	\$	\$			
PRESUPUESTO DETALLADO									
PERSONAL CIENTIFICO		DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN		ENTIDAD 2		ENTIDAD 3		ENTIDAD 4	
Nombre del participante	Nivel máximo de formación	Actividades a realizar en el proyecto	Horas mensuales dedicadas al	N° de meses	Valor / Hora	Dinero	Especie	Dinero	Especie
Ricardo Andrés Rojas Farfán	Pregrado	investigador principal	13.5	0	0				
Ingrid Vanessa Jimenez Rios	Pregrado	investigador principal	13.5	0	0				

8. RESULTADOS

FLUJOGRAMA No.1: Búsqueda inicial en bases de datos indexadas



Fuente: Construida a partir de la revisión bibliográfica

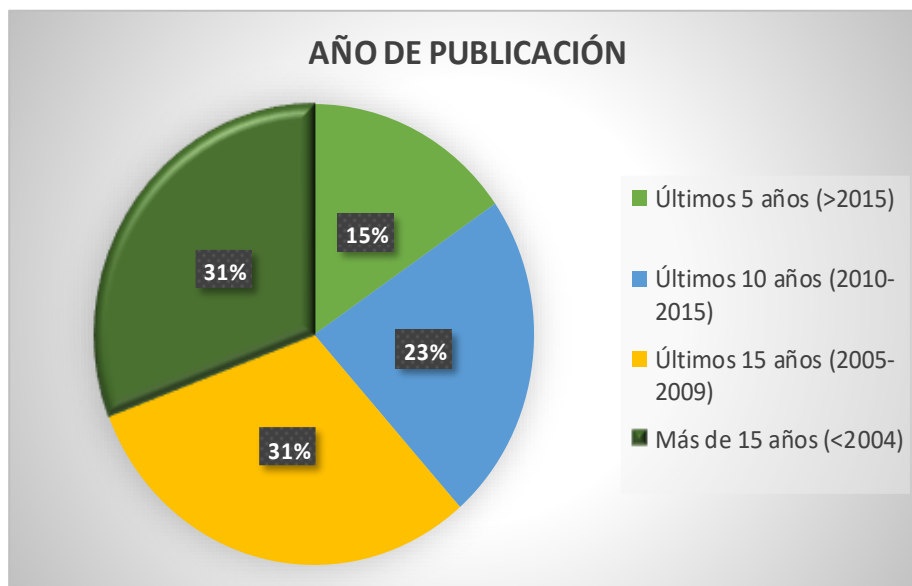
La búsqueda sistemática realizada inicialmente arrojó artículos indexados, de diferentes bases de datos como Pubmed, Google Academic, Clinical Key, Oxford Journals, SAGE Journals, Scielo, Embase, Scopus, y Ovid. En esta búsqueda inicial fueron extraídos trece artículos, que cumplieran con el criterio principal de

búsqueda al tratar de temas como: accidentes en circulación extracorpórea y también incidentes durante la cirugía cardíaca con circulación extracorpórea.

En relación con la primera búsqueda, acerca de accidentes o incidentes en Circulación Extracorpórea o en Bypass Cardiopulmonar, estos artículos abarcaban subtemas como conceptos generales, incidencia, causas, complicaciones causadas por los incidentes durante la circulación extracorpórea.

La distribución del total de artículos con respecto al año de su publicación mostró inicialmente que existen artículos en un rango de años entre 1997 y el 2014; teniendo la siguiente distribución.

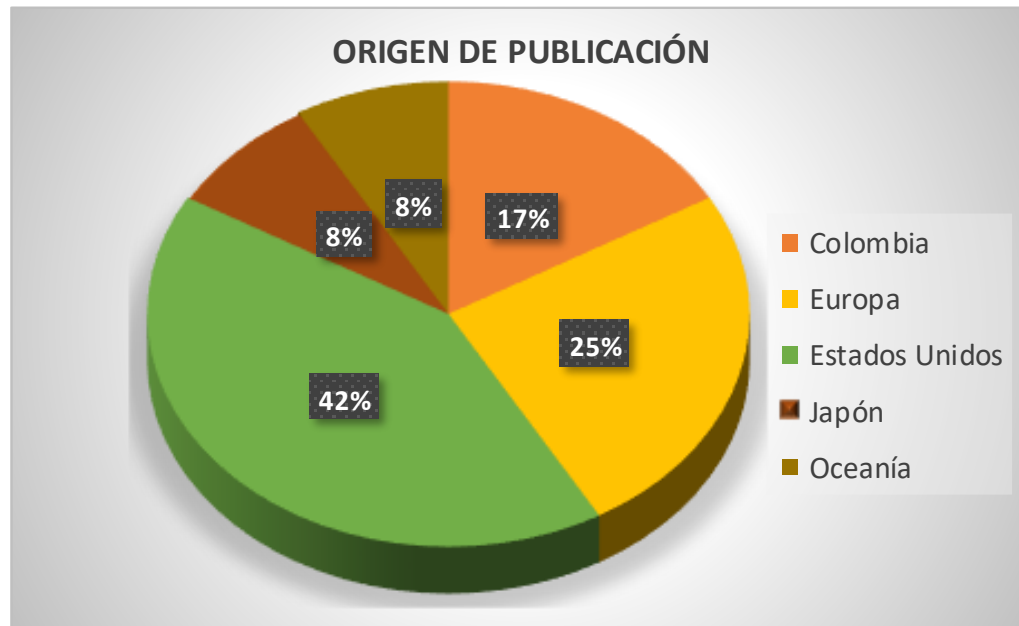
Gráfica No. 1: Año de publicación de los artículos filtrados



Fuente: Construida a partir de la revisión bibliográfica

A partir de estos resultados preliminares también se rescata la distribución por el origen o la procedencia de los artículos, ya que en estas bases de datos los artículos encontrados presentan un contexto de los accidentes a nivel nacional e internacional; según la procedencia del artículo del total de artículos indexados la agrupación por lugar de publicación y de desarrollo del estudio se distribuye, tal como se expresa en gráfico a continuación:

Gráfica No. 2: País de origen de los artículos filtrados



Fuente: Construida a partir de la revisión bibliográfica

Por último, los artículos arrojados en esta primera búsqueda en bases de datos mostraron que, del total de artículos incluidos, todos presentaban un tipo de estudio diferente dentro de los que sobresalió el tipo de estudio descriptivo retrospectivo; sin embargo, se evidenciaron otros tipos de estudio como se muestra a continuación

Gráfica No. 3: Tipo de estudio de la bibliografía filtrada



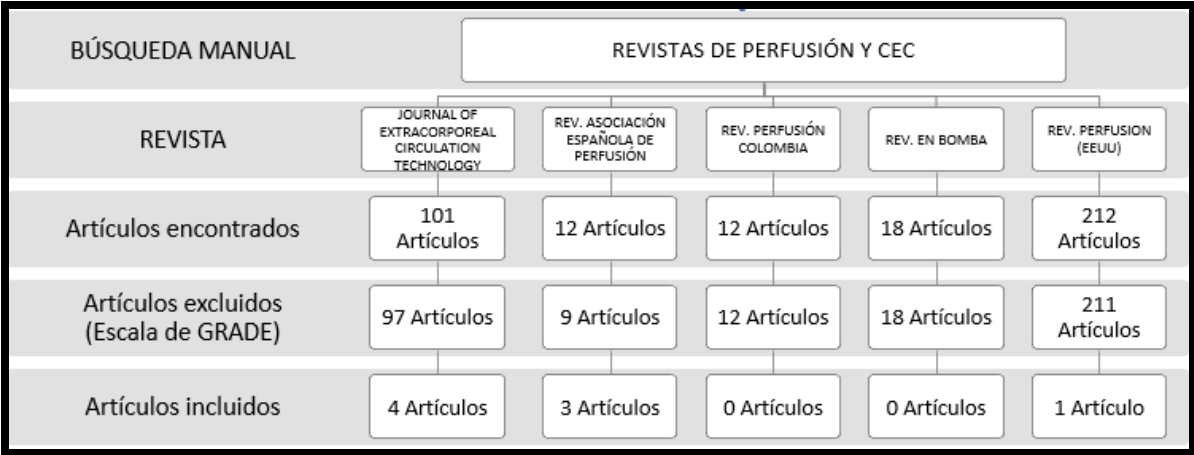
Fuente: Construida a partir de la revisión bibliográfica

Posteriormente, se realizó una nueva búsqueda, esta vez enfocado con el manejo o intervenciones de las perfusionistas ante los accidentes presentados durante la Circulación Extracorpórea, en las principales bases de datos mencionadas anteriormente. Inicialmente se realizó con las palabras claves y también con diferentes formas de relación entre sí, para disminuir el sesgo de selección, las palabras que se usaron fueron: Manejo de accidentes en CEC, management, BCP, cardiac surgery, incidents. Dicha búsqueda no generó resultados acordes con el tema en específico.

Por esta razón se realizó una segunda búsqueda, utilizando los descriptores: "Search emergenc* AND replace* AND (oxygenator OR machine*) AND ("bypass cardiopulmonary" OR bcp OR extracorporeal) AND (intervention OR management) NOT ECMO". Después de una larga y exhaustiva búsqueda, no se obtuvo ningún resultado.

Ante la escasa evidencia de material bibliográfico enfocado en el manejo de los accidentes en CEC, se decidió realizar búsquedas específicas en revistas de perfusión y circulación extracorpórea, con los siguientes resultados:

FLUJOGRAMA No. 2: Búsqueda complementaria en revistas de perfusión y circulación extracorpórea



Fuente: Construida a partir de la revisión bibliográfica

TABLA No. 2: Búsqueda complementaria en revistas de perfusión y circulación extracorpórea

BUSQUEDA DE LITERATURA				
REVISTA	JOURNAL OF EXTRACORPOREAL CIRCULATION TECHNOLOGY			
DESCRIPTOR	ARTICULOS ENCONTRADOS	CAUSAS DE EXCLUSIÓN	ARTICULOS INCLUIDOS	NOMBRE
Incident	0		0	
Guideline	4	No relacionados con incidentes	0	
Accident	13	1. Trata de dispositivos; 2. pruebas en dispositivos; 3. pruebas y comparación en la modalidad de uso de dispositivos; 4. prevención de accidentes; 5. Malposición de catéter de muestreo	4	1. The Effect of Pitressin in the Treatment of Massive Air Embolism Following Cardiopulmonary Bypass: Case Report 2. Ten Common Perfusion Problems: Prevention and Treatment Protocols 3. Treating Massive Air Embolism 4. Failure of Electrical Mains and Backup Generator Supply During Cardiopulmonary Bypass
Treatment	20	No se relacionan con manejo de accidentes	1	2. Ten Common Perfusion Problems: Prevention and Treatment Protocols

Protocol	3	No se relacionan con manejo de accidentes	0	
Event	3	No se relacionan con manejo de accidentes	0	
Adverse	2	No se relacionan con manejo de accidentes	0	
Management	56	No se relacionan con manejo de accidentes	0	
Intervention	0	No se relacionan con manejo de accidentes	0	
REVISTA	ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE PERFUSIÓN 2019-2004			
DESCRIPTOR	ARTICULOS ENCONTRADOS	CAUSAS DE EXCLUSIÓN	ARTICULOS INCLUIDOS	NOMBRE
Protocolos, falla, CEC	5 volúmenes y 12 artículos	No se relacionan con manejo de accidentes	3	1. Fallo progresivo en la transferencia de gases de un oxigenador: interposición de una nueva membrana en serie (REPORTE DE CASO), 2. Análisis modal de fallos y efectos (AMFE) Fallo de centrífuga (PROTOCOLO) 3., Manejo de la resistencia y la sensibilidad de la heparina en circulación extracorpórea (CEC) (PROTOCOLO)

REVISTA	REVISTA PERFUSION COLOMBIA			
DESCRIPTOR	ARTICULOS ENCONTRADOS	CAUSAS DE EXCLUSIÓN	ARTICULOS INCLUIDOS	NOMBRE
Protocolos, accidentes, CEC	2 volúmenes, 12 artículos	No se relacionan con manejo de accidentes	0	
REVISTA	REVISTA EN BOMBA (LATINOAMERICA)			
DESCRIPTOR	ARTICULOS ENCONTRADOS	CAUSAS DE EXCLUSIÓN	ARTICULOS INCLUIDOS	NOMBRE
Protocolos, accidentes, CEC	4 volúmenes, 18 artículos	No se relacionan con manejo de accidentes	0	
REVISTA	REVISTA PERFUSION LONDRES-EEUU			
DESCRIPTOR	ARTICULOS ENCONTRADOS	CAUSAS DE EXCLUSIÓN	ARTICULOS INCLUIDOS	NOMBRE
Accident, BCP	212 resultados	No se relacionan con manejo de accidentes	1	Electrical failure during cardiopulmonary bypass: an evaluation of incidence, causes, management and guidelines for preventive measures. 2002.

El resultado final de la búsqueda fueron 355 artículos arrojados por esta búsqueda exhaustiva de los cuales se excluyeron 347 artículos, en su mayoría debido a que, no se relacionaban con el manejo puntual de los incidentes en circulación extracorpórea. Por lo tanto, al final de la selección se incluyeron nueve artículos de estas revistas reconocidas como exclusivas de la profesión de perfusión y circulación extracorpórea.

Una vez aplicada la escala Grade a los 8 artículos seleccionados se realizó un compendio de la información bibliográfica consultada, a nivel específico de cada

uno de los incidentes, que permite organizar y plantear las diferentes acciones individualizadas que debe conocer un perfusionista.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, la evidencia científica se evaluó críticamente para determinar la calidad de la información, incluida la validez interna, la validez externa para la población de interés y el sesgo de publicación. Los ensayos controlados aleatorios (ECA) y los metaanálisis de ECA se consideraron como el nivel de evidencia más alto, seguido de otros tipos de diseños de estudio. Cuando un metaanálisis se usó como base para emitir una recomendación, la calidad fue evaluada por un grupo de especialistas de perfusión.

En ausencia de evidencia científica publicada, se realizaron declaraciones de consenso de expertos para garantizar la cobertura a temas específicos que son esenciales para la práctica diaria en la perfusión.

El nivel de evidencia y la fuerza de las recomendaciones se clasificaron de acuerdo con escalas definidas, como se describe en la Tabla 3 y 4.

TABLA 3: Clases de recomendaciones		
Clases de recomendaciones	Definición	Conducta sugerida para usar
Clase I	La evidencia y / o acuerdo general de que un tratamiento o procedimiento dado es beneficioso, útil y eficaz.	Se recomienda se indica /
Clase II	Evidencia conflictiva y / o divergencia de opiniones acerca de la utilidad / eficacia del tratamiento dado o procedimiento.	
clase IIa	Peso de la evidencia / opinión está a favor de la utilidad / eficacia.	Debería ser considerado
clase IIb	La utilidad / eficacia está menos establecida por la evidencia / opinión.	Puede ser considerado
Clase III	Evidencia acuerdo general / que el tratamiento / procedimiento dado no es útil / efectivo y, a veces puede ser perjudicial.	No es recomendado

Clases de recomendaciones basadas en el Manual de Metodología para la Asociación Europea para las guías clínicas de cirugía cardiotorácica (30)

TABLA 4: Niveles de evidencia	
Nivel de evidencia A	Los datos derivados de múltiples ensayos clínicos aleatorizados o metaanálisis.
Nivel de evidencia B	Los datos derivados de un único ensayo clínico aleatorio o grandes estudios no aleatorios.
Nivel de evidencia C	El consenso de la opinión de expertos y / o pequeños estudios, estudios retrospectivos, los registros.
Niveles de evidencia basadas en el Manual de Metodología para la Asociación Europea para las guías clínicas de cirugía cardiotorácica (30)	

A continuación, se describirán los dos principales accidentes que se pueden presentar durante la Circulación Extracorpórea, según investigación realizada en el año 2019, mediante una encuesta a los perfusionistas de Colombia.(29) En donde se destacan estos dos eventos desfavorables de la perfusión, y se vuelve necesario conocer la manera de prevenir, en caso de que sucedan; la forma en que se detectan y por último, la forma correcta de corregirlos, estos son:

8.1. INCIDENTE DE DESCONEXION O RUPTURA DE LÍNEAS

Se define como la interrupción de la unión entre dos líneas o la pérdida total de la integridad de una línea, que ocasiona cese del flujo de una sustancia (aire, gas o fluido) entre ambos extremos, lo que resulta en una pérdida de continuidad del circuito por desacople, conllevando al desarrollo de diferentes riesgos para el paciente pudiendo esto llegar a comprometer la vida del paciente, si pasa inadvertido por el perfusionista.

Es posible catalogar este accidente desde diversas perspectivas, por ejemplo, según la asociación Española de Perfusión esta situación se clasifica como un accidente de tipo mecánico.(31)

Sin embargo, el proceso de circulación extracorpórea implica el uso de tubería y conectores plásticos en diferentes partes del circuito, teniendo en cuenta lo anterior, durante la circulación extracorpórea existen distintas etiologías que generan esta clase de accidentes, siendo ocasionadas principalmente por hiperpresión, tránsito inadvertido de personas y defectos de fábrica de la tubería o conectores. (27,31)

La **identificación** de los diferentes incidentes es parte del proceso de CEC enmarcado en la seguridad del paciente. Aunque, existen y se vienen desarrollando diferentes avances a nivel tecnológico durante la CEC, los factores determinantes continúan siendo la experiencia de los perfusionistas, el conocimiento y la vigilancia continua. (10)

La vigilancia continua permite realizar una detección temprana e incluso realizar acciones preventivas o si es el caso intervenir para eliminar el mayor número de complicaciones.(32)

Usualmente este incidente no pasa inadvertido por el perfusionista debido a que una ruptura o desconexión en una línea en cualquier parte del circuito genera un sonido característico agudo y repentino similar a un estallido. Adicionalmente, si la desconexión o ruptura ocurre en una parte del circuito por donde hay flujo de primado o de sangre, una inspección visual permite localizar rápidamente el lugar donde hay pérdida de sangre o primado y así reconocer el sitio del circuito donde se presentó el incidente, a lo cual se le suma cambios en la presión arterial manifestados por hipotensión secundario a la pérdida de volumen o incluso de gasto cardiaco que genera este incidente.(33)

Sin embargo, si la desconexión o ruptura ocurre en una parte del circuito en donde la sustancia que circula no es un fluido sino aire/gas la identificación dependerá de la habilidad del perfusionista para reconocer los indicios ya que, estos presentan características más sutiles.

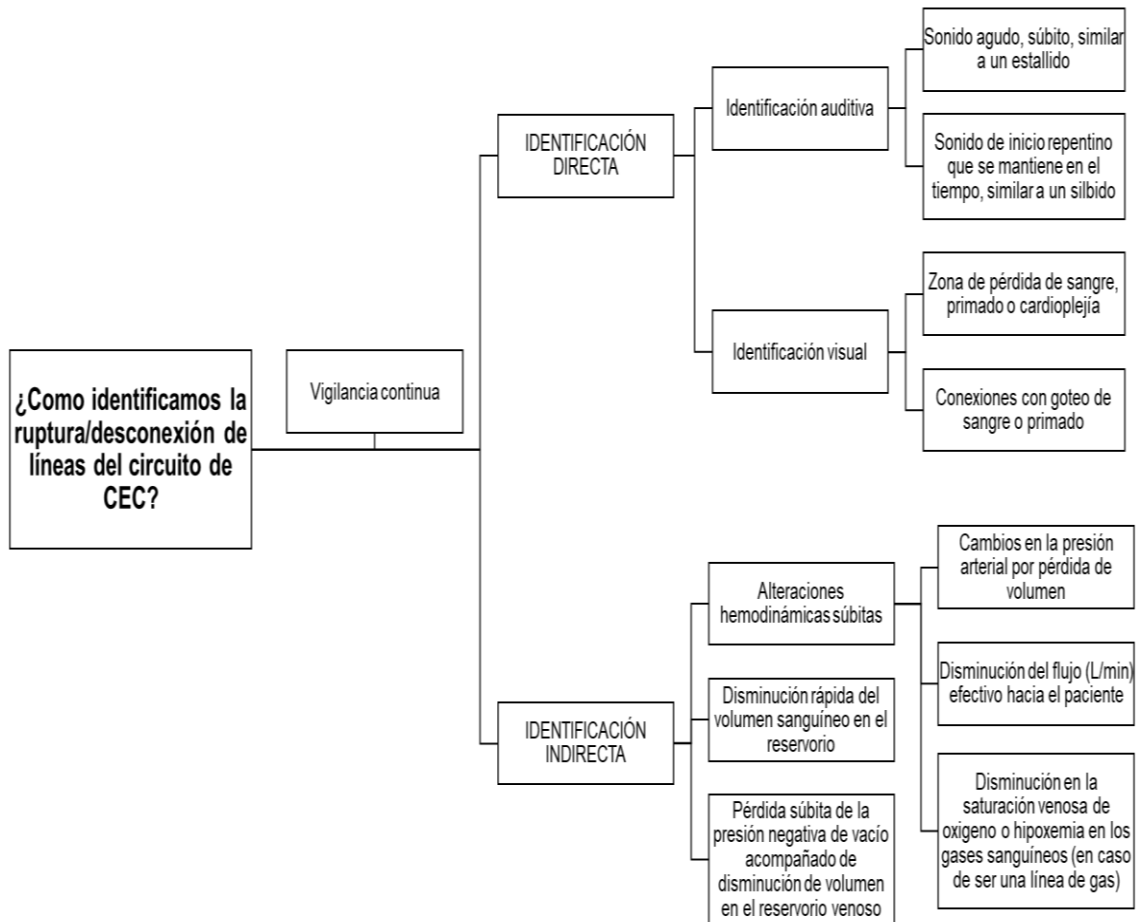
De este modo los indicios en este caso son: un sonido característico de estallido menos agudo y que se puede prolongar a modo de silbido en caso de ser una vía que maneje una presión considerable como por ejemplo la presión negativa de la línea de drenaje venoso asistido.

Por otro lado, durante la inspección visual que el perfusionista realiza antes y durante bomba a todo el circuito permitirá identificar que hay una desconexión en la línea de gas.

Además, existirán diferentes indicios en la monitoria de las variables del circuito y las variables hemodinámicas del paciente como es el caso de la modificación los valores de presión negativa de la línea de drenaje venoso asistido sumado a una reducción en el volumen del reservorio. (27)

De igual manera, se puede presentar disminución de los parámetros de oxigenación como una caída en los valores de aporte de oxígeno (DO₂), disminución de la saturación venosa de oxígeno y la presión arterial de oxígeno sumado a un cambio evidente en el color de la sangre de la vía arterial que adquiere un color igual al de la vía venosa debido a la falta de oxigenación el cual se puede percibir de manera inmediata y está al alcance del perfusionista todo el tiempo como un indicador indirecto de la oxigenación que proporciona su circuito.(34)

Diagrama 1. Identificación del incidente de ruptura/desconexión de líneas del circuito de CEC



CAUSAS:

Como se mencionó anteriormente, existen diversas causas que pueden generar la desconexión o la ruptura de líneas, y es debido a esto por lo que el perfusionista debe estar plenamente consciente de la responsabilidad que implica la manipulación de la consola de DCP, los equipos, dispositivos e insumos del circuito de circulación extracorpórea. (6) A continuación, se describen las principales causas que tienen el riesgo potencial de desencadenar la desconexión o ruptura de líneas.

HIPERPRESIÓN:

Durante la circulación extracorpórea en diferentes partes del circuito se pueden presentar angulaciones y obstrucciones que generan retenciones de volumen en el paciente y el oxigenador, causando a su vez aumento de presión en las líneas puede desencadenar que la tubería del circuito explote o se desconecte del oxigenador o de alguna de sus interconexiones.

Además, según el lugar donde se presente dicha sobre presurización se puede aumentar el riesgo condicionado por el tiempo de bomba que se esté utilizando, ya que el riesgo aumenta significativamente cuando se utiliza bomba de rodillo, al ser un sistema oclusivo que por sus propiedades no regula autónomamente la presión en el circuito.

UNIONES DEFICIENTES:

Durante el proceso de armado el perfusionista debe realizar múltiples uniones de dos líneas que pueden ser de dos líneas del mismo calibre o uniones entre dos líneas de diferentes calibres, para lo cual, es necesario hacer uso de conectores de tubo (fabricados con policarbonato), a menos que la unión sea directamente al algún puerto del oxigenador.

Puesto que se deben realizar múltiples uniones para preparar y armar el circuito de circulación extracorpórea es imprescindible que se refuercen estas uniones y realiza el proceso nuevamente una vez se esté recirculando con el primado tibio; en vista de que las uniones defectuosas o inseguras generan un mayor riesgo de desconexión ante cualquier aumento de presión por mínimo que este sea. (27,31)

ESPALACIÓN

Es un fenómeno que se origina por la fatiga erosiva en la tubería que se genera por la fricción de los rodillos provocando la formación de partículas del material de la tubería (caucho, silastic, cloruro de polivinilo, etc.) y su posterior liberación, entendiéndose que este fenómeno se produce en la tubería que se encuentra en la pista de rodadura de la bomba de rodillo durante el funcionamiento normal de la

bomba, además que se puede ver incrementado por sobre oclusión de los rodillos, ya que generan mayor fricción (35–37)

Este proceso erosivo ocurre de diversas maneras, dependiendo el material de la tubería; ya que en los tubos de silicona la espalación ocurre desde el interior hacia el exterior. Por el contrario, en los tubos de polivinilo ocurre desde el exterior hacia el interior. (27,31)

Teniendo en cuenta este fenómeno, se conoce que la superficie interna o externa de la tubería sufre grietas, cráteres e irregularidades en el material, haciendo que entre mayor sea la espalación sobre la tubería mayor el riesgo de ruptura de esta línea (38), sin mencionar que existen otros factores que influyen en mayor o menor medida el desarrollo y la severidad de la espalación como lo son: calibración de los rodillos, material de la tubería, grosor de la tubería, tiempo de exposición a la fricción del rodillo, velocidad de trabajo del rodillo y/o defectos de fábrica propiamente dichos. (37,39)

UBICACIÓN DE LÍNEAS POR LUGARES DE TRÁNSITO DEL PERSONAL

En diferentes ocasiones durante la preparación y montaje del circuito en ocasiones por la disposición de la máquina de CEC en la sala de quirófano, se debe disponer alguna línea del circuito en un punto por el que transita el personal o inclusive se presentan situaciones donde el personal que se encuentra en el campo quirúrgico debe cambiar de ubicación alrededor del paciente (mesa quirúrgica) y que durante ese cambio de ubicación se produzca o la desconexión o la angulación de algún de las líneas que se encuentran entre el campo y la máquina de CEC.

Es por esto, que el tránsito de personal alrededor de cualquier lugar en donde se disponga de líneas del circuito de CEC, se considera como una de las principales causas de desconexión o roturas de las líneas; condición que se ve facilitada cuando las líneas no se encuentran en un lugar alto o en un lugar visible, ya que en ocasiones como ya se mencionó por disposición del quirófano no siempre es posible evitar el tránsito de personas alrededor de absolutamente todas las líneas del circuito. (27,31)

Además, ante el riesgo de presentar un incidente, lo primero para tener en cuenta por parte del perfusionista, es cuál es la implicación que representa este incidente sobre la salud del paciente y la integridad del procedimiento de circulación extracorpórea.

Por lo tanto, cuando se menciona una situación relacionada con el incidente de ruptura y/o desconexión de líneas en el circuito de CEC se debe tener presente que existen múltiples **consecuencias** con una severidad variable, que va a depender del lugar de la ruptura/desconexión y el momento de ocurrencia durante la DCP.

Por esta razón, es necesario reconocer e identificar oportunamente el incidente, de lo contrario se puede presentar más de una consecuencia y llegar hasta un desenlace fatal.(10,40)

Por ejemplo, entre las principales consecuencias ante este incidente podemos evidenciar hipotensión; ya que cuando ocurre la ruptura/desconexión de una línea puede generar una pérdida del volumen sanguíneo. En otras palabras, la hipotensión será una consecuencia directa por pérdida de volumen sanguíneo o indirecta si el perfusionista disminuye el flujo o lo detiene en su totalidad, para realizar el manejo del incidente y así, logra evitar el vaciamiento y el despurgado del circuito.(27,31,33,40)

De modo que, los períodos de hipotensión prolongados representan un riesgo mayor de lesión por hipoperfusión, que producirán falla multiorgánica y ante la pérdida de volumen sanguíneo se podría requerir la terapia transfusional para poder continuar con la DCP.

Asimismo, la ruptura/desconexión también puede ocasionar otras complicaciones; por ejemplo, si se presenta este incidente en la línea de la cardioplejia representará una pérdida de volumen de la solución cardiopléjica e igualmente si se presenta en la línea de gases del oxigenador generará una hipoxia severa. (33,40)

De la misma manera, otra de las consecuencias que ocurre cuando se presenta la ruptura/desconexión de una línea es la contaminación, puesto que el lumen interno de toda la tubería del circuito de CEC se encuentra estéril y al haber una pérdida de la continuidad del circuito, existe el riesgo de que la tubería caiga al suelo o entre en contacto con superficies del quirófano que no se encuentran estériles causando la contaminación del lumen interno de la tubería, haciendo que aumente el riesgo de que diferentes microorganismos entren en contacto con la sangre del paciente y junto con ello el desarrollo potencial de una infección.(27,31,33,34,40)

De la misma manera, otra de las consecuencias que se presenta es el embolismo que inicialmente se describe como embolismo de cuerpos extraños; los cuales en este caso serán los residuos de la tubería que se generan cuando ocurre una ruptura o cuando ocurre una desconexión por presurización de la línea y el riesgo de esta consecuencia será mucho mayor cuando la ruptura de la línea es precipitada por el fenómeno de espalación mencionado anteriormente.

Por último, el embolismo de partículas de aire es una de las consecuencias que representan mayor peligro para la salud del paciente cuando se presenta ruptura/desconexión de las líneas. Este embolismo puede producirse en la línea arterial y dirigirse a la circulación arterial o puede producirse en la línea venosa y provocar un embolismo de manera retrograda en donde las partículas avanzan hacia el sitio de canulación venoso y finalmente existe el riesgo de embolismo gaseoso cuando la ruptura/desconexión ocurre en una línea de recirculación, que genera vaciamiento del reservorio y posterior embolismo aéreo por la vía arterial.

Este embolismo usualmente es descrito cuando alcanza a llegar a la circulación del paciente y tiene grandes repercusiones en la salud del paciente en donde las burbujas de aire ocluyen el vaso sanguíneo impidiendo el paso de sangre con lo que implica esta situación; las complicaciones que más relevancia tienen cuando ocurre este evento son los eventos cerebrovasculares por isquemia o el embolismo en las coronarias que representa de igual manera el desarrollo de zonas isquémicas en el miocardio(41) con la evidencia de cambios agudos en el electrocardiograma, arritmias cardíacas, infarto de miocardio, disminución de la contractibilidad, bajo gasto cardíaco, fibrilación ventricular e incluso llegar hasta la muerte.(27,31,33,40)

A continuación, se describe según la evidencia las acciones necesarias para prevenir el accidente de desconexión de líneas.

ACCIONES PREVENTIVAS:

INCIDENTE: RUPTURA/ DESCONEXIÓN DE LÍNEAS			
ANTICIPACIÓN			
RECOMENDACIÓN	CLASE	NIVEL	REFERENCIA
Realizar simulacros de emergencia	I	C	(34)

Conocer exhaustivamente las características de los insumos de CEC y el diseño como está conformado el circuito de CEC			
ARMADO DEL CIRCUITO			
RECOMENDACIÓN	CLASE	NIVEL	REFERENCIA
La vigilancia continua permite realizar una detección temprana e incluso realizar acciones preventivas o si es el caso intervenir para eliminar el mayor número de complicaciones	I	C	(32,42–44)
Contemplar uso de filtro arterial para atrapar material lesivo para el circuito o resto de tubo por espalación	I	C	(27,31)
Tener especial cuidado con los conectores de tubería de silicona; estas deben asegurarse con abrazaderas plásticas antes de purgar el circuito	I	C	(31,34)
Debe existir una herramienta para retirar las abrazaderas plásticas en caso de emergencias y estas deban ser retiradas	I	C	(40)
Evaluar durante el armado y purgado del circuito posibles defectos de fabricación	I	C	(27,31,40)
Si es necesario asegurar todas las conexiones con bridas (en especial las líneas arterial y recirculaciones) que manejan mayor presión	I	C	(27,31,34,40)
Utilizar alarma de resistencia de la línea	I	C	(34,40)
Dejar la línea arterial visible para realizar un chequeo visual constantemente	I	C	(27,34)
Se pueden evitar y/o tratar las angulaciones reforzando la zona con riesgo de acodamiento con un tubo de calibre mayor, el cual se corta longitudinalmente y se	I	C	(27,34)

coloca sobre la angulación a modo de abrazadera.			
Ubicar la máquina de CEC en un espacio en donde se disminuye el riesgo de desconexión por tráfico del personal, igualmente debe ser un sitio que le permita una completa visualización de todo el circuito al perfusionista	I	C	
Se recomienda el uso de bomba centrífuga, ya que por su mecanismo disminuye el riesgo de sobre presurización en el circuito	I	C	(27,31)
Evitar líneas excesivamente cortas	I	C	
PURGADO			
RECOMENDACIÓN	CLASE	NIVEL	REFERENCIA
Verificar el sentido de dirección tanto de cada rodillo como de cada segmento del circuito antes de que avance cada rodillo	I	C	(34)
Garantizar una adecuada calibración de los rodillos del cabezal de la bomba	I	C	(27,31,33,40)
Recircular el circuito a alta presión después del purgado, para verificar si hay sitios potenciales de desconexión o ruptura	I	C	(40)
Documentar las pruebas de estrés en la lista de verificación antes de iniciar la DCP	I	C	(40)
AL INICIO Y DURANTE LA PERFUSIÓN			
RECOMENDACIÓN	CLASE	NIVEL	REFERENCIA
Limitar el tráfico de personal alrededor de la bomba en todo momento, de ser necesario modificar la posición de la máquina de perfusión o cambio de la ubicación del personal en el campo quirúrgico, vigilar	I	C	(27,31)

constantemente la interacción del entorno con el circuito de CEC			
Para evitar angulaciones/obstrucciones es fundamental el monitoreo continuo de la presión arterial (Monitorear la presión de la línea de cerca a medida que el cabezal de rodillos de la bomba comienza a avanzar) y verificar el recorrido de la vía venosa	I	C	(34,40)
Monitorizar la presión de premembrana y el gradiente, acorde con las recomendaciones del fabricante	I	C	(40)
Verificar reiteradamente las conexiones y todas las líneas del circuito incluyendo las líneas de gases y de drenaje venoso asistido	I	C	(34)
Revisar periódicamente la línea que se encuentra dentro de la pista del rodillo, para verificar defectos o indicios de espalación	I	C	(40)
Evaluar y contemplar el desgaste de rodamientos, ya que generan mayor espalación	I	C	(27,31)
Apagar la cabeza de bomba si se presenta un pico aumentado de la presión del circuito	I	C	(34)
Contemplar la posibilidad de cambiar algún segmento de tubo de rodamiento	I	C	(31,40)
Tenga un sistema de respaldo disponible	I	C	(40)

INTERVENCIÓN ANTE ESTA SITUACIÓN:

INCIDENTE: RUPTURA/ DESCONEXIÓN DE LÍNEAS
--

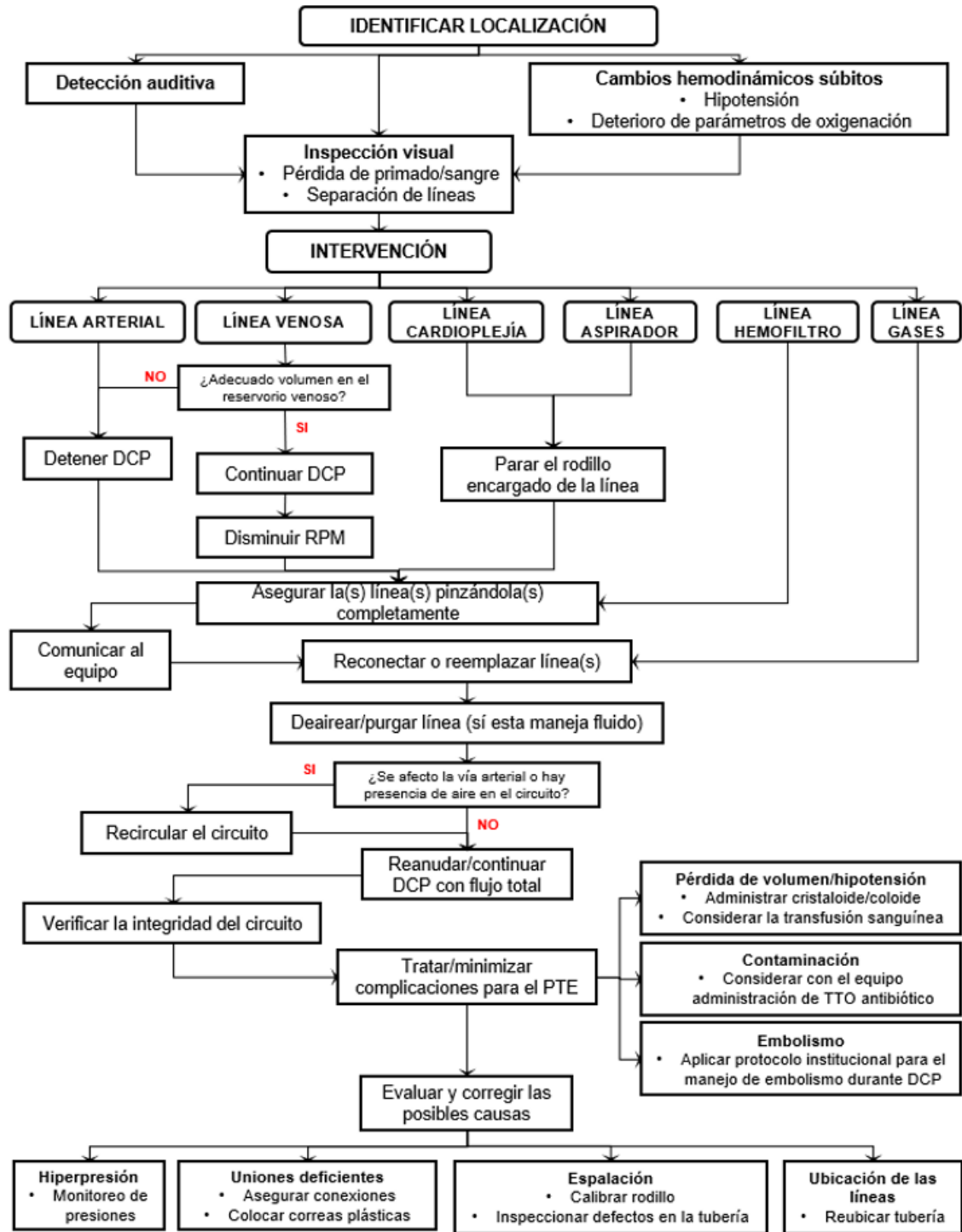
RECOMENDACIÓN	CLASE	NIVEL	REFERENCIA
<p>Ante la ocurrencia de un incidente de ruptura/desconexión de líneas en donde sea necesaria la interrupción de la DCP, para realizar las intervenciones minimizando las complicaciones para el paciente; se debe tener presente que estas deben realizarse rápidamente para reanudar la DCP tan pronto como sea posible.</p>	I	C	(34,40)
<p>Siempre que se presente una desconexión de cualquier parte del circuito es imprescindible, que al final de solucionar el incidente se establezca la posible causa y se elimine el riesgo de una probable reincidencia.</p>	I	C	
<p>Después de un incidente de ruptura/desconexión verificar la integridad de todo el circuito, revisar las presiones y reforzar todas las conexiones de este.</p>	I	C	
<p>En caso de contaminación, administre tratamiento antibiótico intravenoso en acuerdo con anestesia y/o cirugía (según protocolo institucional)</p>	I	C	(34)
<p>Ante ruptura/desconexión de la línea arterial se debe pinzar la parte íntegra de la línea arterial más cercana al paciente, pinzar la línea venosa simultáneamente y parar la bomba, para evitar un embolismo aéreo.</p>	I	C	(27,31,34,38,40)
<p>Cuando ocurre una ruptura/desconexión de la línea arterial posterior a las reconexiones o reemplazo de esta línea se debe aspirar el aire de esta línea garantizando la ausencia de aire, recirculando el circuito para eliminar el aire.</p>	I	C	(34)

Ante ruptura/desconexión de la línea venosa se tiene que avisar en el campo la necesidad de clampearse lo más cercano al sitio de canulación venosa ya sea única o en ambas cavas y de igual manera clampearse la línea venosa.	I	C	(27,31)
Ante ruptura/desconexión de la línea venosa se debe disminuir las revoluciones de la bomba hasta pararla según sea el volumen del reservorio minimizando el tiempo de parada de bomba necesario para solucionar el incidente, para evitar la pérdida de volumen sanguíneo.	I	C	(27,31)
Cuando ocurre una ruptura/desconexión de la línea venosa posterior a las reconexiones o reemplazo de esta línea se debe purgar con cristaloides esta línea garantizando la ausencia de aire, recirculando el circuito para eliminar el aire y continuar con la DCP	I	C	(27,31)
Ante ruptura/desconexión de la línea de entrada de gases de la membrana del oxigenador se debe realizar las conexiones necesarias o cambiar la línea si la integridad de la línea de gases se ha perdido, tratar la causa y verificar el adecuado funcionamiento (gradiente de presión y transferencia de gases)	I	C	(27,31)
Ante ruptura/desconexión en las líneas de aspiradores o cardioplejia suspenda la bomba auxiliar en donde se encuentran montadas (no es necesario suspender la DCP)	I	C	(34)
Ante ruptura/desconexión en las líneas de aspiradores o cardioplejia asegure la tubería evitando pérdida de volumen y una posible contaminación, haga las conexiones necesarias o reemplácela tubería y móntela nuevamente en el rodillo auxiliar, elimine el	I	C	(34)

aire del circuito para utilizar esta línea.			
Cuando se comprometa la línea de cardioplejia se debe pinzar la línea de sangre que viene del reservorio (en caso de usar cardioplejia sanguínea)	I	C	(40)
Cuando ocurre una ruptura/desconexión de la línea de cardioplejia posterior a las reconexiones o reemplazo de esta línea se debe garantizar la ausencia de aire y si no es así, recircular el circuito para eliminar el aire	I	C	(40)

8.1.1. ALGORITMO DE INTERVENCIÓN DEL ACCIDENTE DESCONEXIÓN Y/O RUPTURA DE LÍNEAS

Algoritmo de manejo para el incidente de ruptura/desconexión de líneas



DCP: Derivación cardiopulmonar, RPM: Revoluciones por minuto, PTE: Paciente, TTO: Tratamiento

8.2. INCIDENTE DE VACIAMIENTO DEL RESERVORIO

Durante el BCP los perfusionistas manejan el volumen sanguíneo del paciente mediante el drenaje por la o las cánulas venosas, el cual es infundido o bombeado al paciente según los criterios de superficie corporal y gasto cardiaco de cada individuo y de las metas u objetivos óptimos de perfusión. Es por ello, que la garantía de no tener que modificar ningún parámetro necesario para garantizar una adecuada perfusión tisular va a depender del nivel de volumen sanguíneo que se tenga en él, este se divide en el reservorio de la canulación venosa; con cánulas colocadas en la aurícula derecha, en las venas cavas o en la vena femoral y el reservorio de cardiectomía compuesto por los aspiradores; de pericardio, de drenaje de cavidades izquierdas o de raíz aortica.

Cada reservorio venoso cuenta con un nivel mínimo de volumen sanguíneo optimo a recomendación del fabricante, este volumen varía entre 150-200ml aproximadamente en adultos y no debe ser menor del recomendado; ya que generaría un riesgo mayor de vaciamiento. La reducción de dicho riesgo se ha logrado de diversas maneras, donde se reflejan los procesos sistemáticos de integración de técnicas para aumentar la seguridad general del BCP.(2) Estos incluyen en primer lugar el aseguramiento de una educación profesional y actualización continua de la perfusión, también de estandarizar los protocolos y guías para la realización optima y de calidad del BCP y, por último, pero de gran importancia; el desarrollo e implementación de dispositivos de seguridad en circuitos extracorpóreos y la revisión periódica de incidentes asociados con la CEC. (2)

Las recomendaciones sobre el manejo y control del volumen que se tiene en el reservorio se basan en el estricto uso de dispositivos o sistemas de monitoreo y seguridad, como los sensores de nivel y sensores de burbujas; los cuales garantizan que no sucedan eventos o incidentes adversos que se desencadenen en riesgos posiblemente mortales. (2)

El vaciamiento del reservorio es considerado un error o accidente durante el BCP causado por errores humanos principalmente, según Carrillo y cols., en una encuesta realizada a diferentes perfusionistas de Colombia, se evidencia que uno de los dos principales accidentes relacionados con la CEC es el vaciamiento del reservorio (en un 50%). Concluyendo que a pesar de los avances tecnológicos del BCP, el factor más importante para que sea más segura sigue siendo el conocimiento, la vigilancia y la experiencia de los perfusionistas.(10)

La **identificación** del incidente del vaciamiento del reservorio se genera indudablemente por parte del perfusionista, el cual tiene la mayor responsabilidad de estar en un estado de alerta constante respecto a la conducción del Bypass

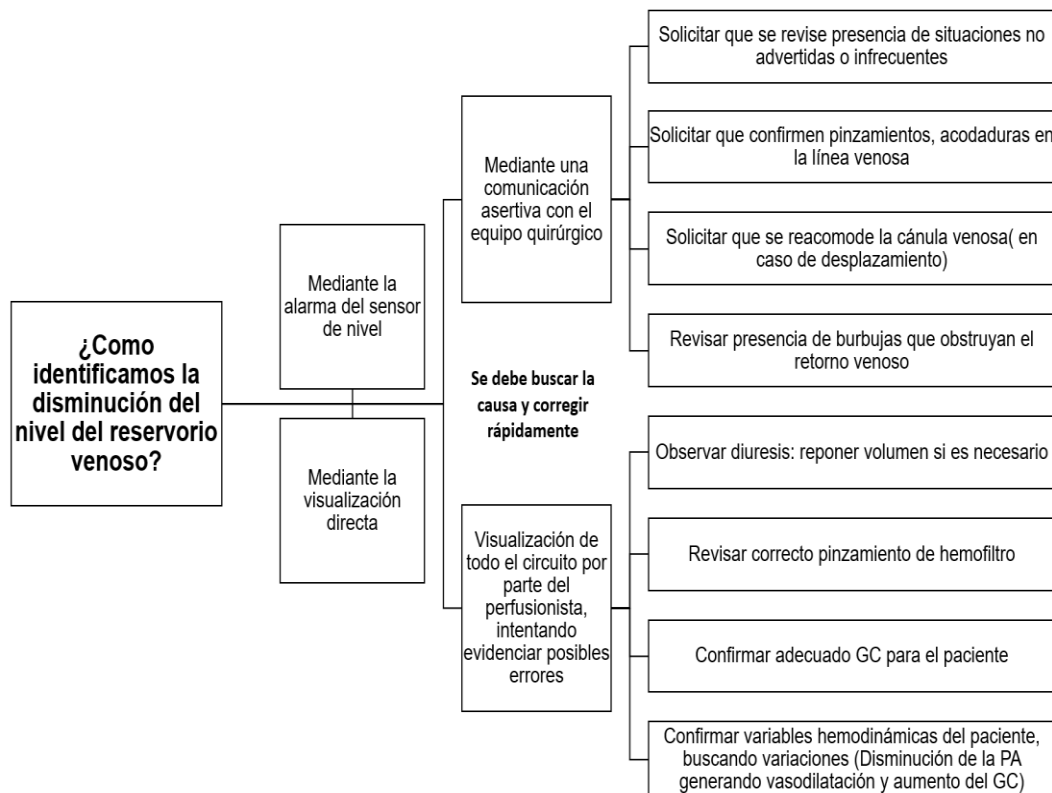
Cardiopulmonar, existen múltiples situaciones durante la perfusión que pueden ser difíciles de visualizar o enterarse oportunamente antes que suceda el accidente, por las múltiples responsabilidades y acciones que se deben realizar durante el mantenimiento del BCP, es por esto, que se debe generar una conciencia de uso de los sensores de seguridad por parte de todos los perfusionistas e instituciones de salud.(27) Estos dispositivos están configurados en las máquinas de CEC a gusto y decisión del perfusionista encargado, respecto al **sensor de nivel**, su función es alertar al perfusionista del escaso nivel existente en el reservorio venoso, estando este por debajo de un volumen predeterminado por la configuración realizada por el encargado de su manejo. Generalmente, el nivel se detecta mediante dos sensores que suelen captar el volumen por ultrasonidos, se acoplan a la parte externa del reservorio por medio de adhesivos(31), uno de ellos es la alarma, de color amarillo, se adhiere en un nivel superior (200-300ml) y el otro es la alerta, de color rojo, se adhiere en un nivel inferior o el mínimo permitido (150-200ml). Este sensor se conecta al cabezal de bomba, el cual ejerce los comandos ordenados.

De esa forma se alerta al perfusionista a través de múltiples maneras o configuraciones, una de ellas es un sonido audible de alarma o visual o bien ejerciendo acciones por el cabezal de bomba, sea que se configure para parar el rodillo, o para colocar la centrifuga en modo “ralentí”, que es además de avisar con sonido, genera una disminución del flujo al que se está funcionando del 50 al 25% antes de parar. Con estas acciones lo que se evita es la micro o macro embolización de aire hacia el paciente. Un ejemplo de esto sería, si el perfusionista configura el sensor de nivel a 500 mililitros de volumen en el reservorio venoso, con un flujo establecido de 5L/min, se dispone de 6 segundos para que se produzca el vaciamiento del reservorio. Este tiempo se obtiene de realizar una regla de tres, donde se multiplica el tiempo del flujo generado (1min=60 segundos) por los 500ml que se tiene establecido el sensor, y luego se divide por el GC total generado por la bomba (5 litros=5.000ml). $(60\text{seg} \times 500\text{ml} / 5000\text{ml} = 6 \text{ seg})$ (31)

Otro de los dispositivos usados que pueden prevenir al perfusionista sobre el vaciamiento del reservorio es el **sensor o detector de burbujas**, el cual consiste en un dispositivo o cinta fotoeléctrica o ultrasónica que, conectada en la tubería de la salida del reservorio venoso, detecta la presencia de aire, emitiendo un sonido o alarma visual. Si una burbuja de aire es lo suficientemente grande para producir cambios en la opacidad sanguínea que pasa a través de la tubería, la fuente de luz y el detector disparan la alarma y normalmente están configuradas para detener la bomba y proceder a realizar la corrección del embolismo aéreo en la tubería de la CEC por parte del perfusionista a cargo.(31) (Diagrama 1)

Estos dispositivos mencionados anteriormente es la formas más segura de **identificación** del incidente durante el BCP, en algún momento en que las múltiples responsabilidades del perfusionista hagan que este no tenga su mirada puesta sobre el nivel del reservorio, ya que esta sería la manera ideal de prever un error, por esto, las alarmas auditivas, visuales y las diferentes configuraciones de la máquina de CEC dispuestas por el profesional a cargo, hacen que sea la manera óptima de percatarse del accidente potencial y así, rápidamente generar posibles acciones frente a este, donde el objetivo principal sea disminuir o evitar eventos adversos o fatales hacia los pacientes.

Diagrama 1: Identificación del incidente de disminución del nivel de volumen del reservorio venoso durante el mantenimiento de la CEC.



Por otra parte, el vaciamiento del reservorio está relacionado con múltiples **causales** ocurridas durante el inicio y mantenimiento de la CEC, dentro de ellas se encuentran:

CAUSAS DE VACIAMIENTO DEL RESERVORIO

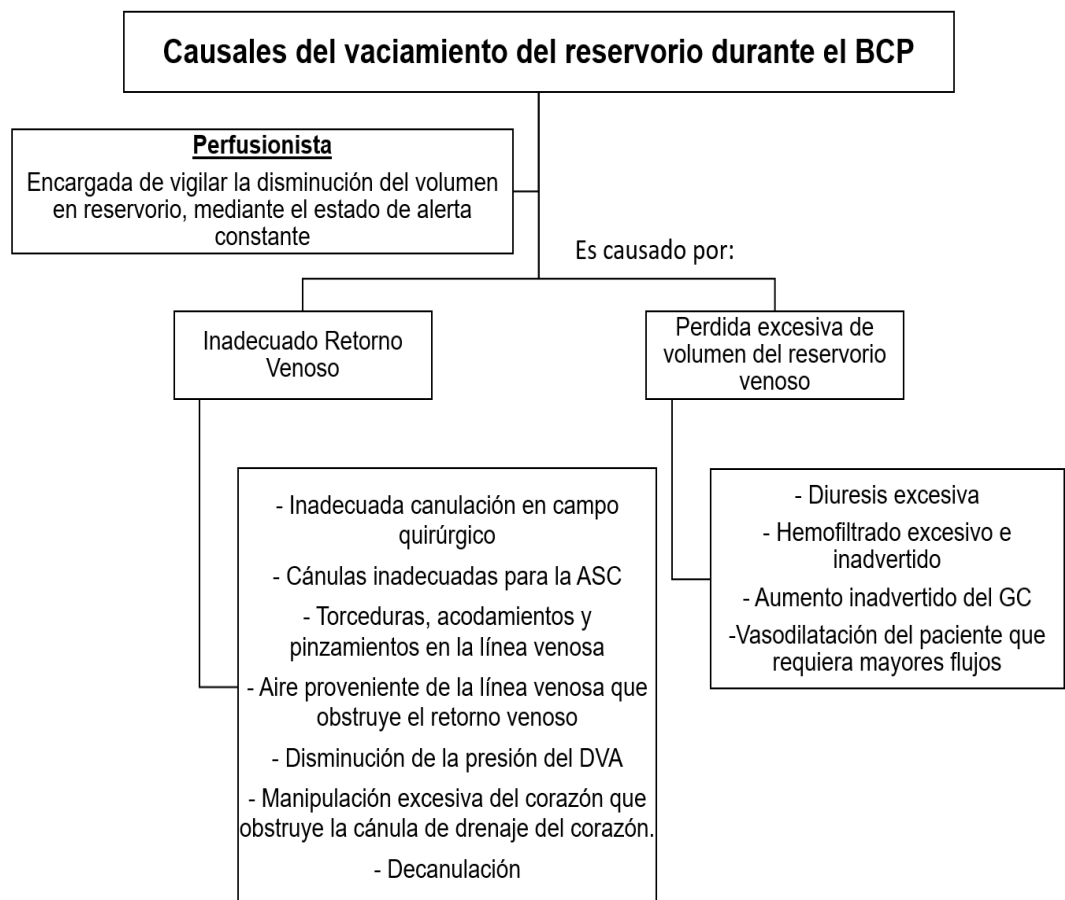
- La falta de atención por parte del perfusionista sobre el nivel de volumen en el reservorio.
- Fallos de los sistemas de seguridad
- La oclusión de la línea de retorno venoso a nivel del campo quirúrgico, que se puede presentar también en algunos tipos de cirugías como el bypass coronario, donde la manipulación del corazón para la realización de los puentes aorto-coronarios requiere la torsión del corazón por parte de los cirujanos generan obstrucción de las cánulas venosas de drenaje.
- El drenaje venoso insuficiente, o una acción que me libere presión negativa del reservorio y hace que este drenaje caiga, como abrir una llave, cambiar una solución cristaloide sin pinzar, entre otras.
- Se puede disminuir el retorno venoso por robo sanguíneo en las pleuras.
- Si el paciente presenta diuresis aumentada que me disminuya el volumen sanguíneo.
- Que el perfusionista no se percate de una hemofiltración exagerada.

Conviene subrayar, que son muchas las variables que pueden influir en que suceda el incidente del vaciamiento del reservorio, pero entre todas, siempre habrá una acción que es imprescindible en el momento del suministro del BCP, y es la atención constante del volumen del reservorio por parte del perfusionista, los ojos de este siempre deben estar puestos en el volumen sanguíneo disponible, y estar preparados para ejercer cualquier acción inmediata hacia su corrección. (Diagrama 2)

Durante la cirugía cardiovascular, se conoce que existe la probabilidad de presentar riesgos asociados, los cuales están determinados tanto por la probabilidad de que ocurra un incidente como por su consecuencia inmediata, es por esto por lo que, estos problemas menores que ocurren con frecuencia pueden presentar el mismo riesgo de incidentes o accidentes mayores o más graves, que si ocurren con menor frecuencia.(7) Cuando el avance constante de la tecnología y el desarrollo respecto al BCP, se encuentra controlado por la mente humana, la probabilidad que sucedan incidentes imprevistos a futuro sea inevitable. (7)

Un accidente es probablemente la situación más sencilla, en el que todas las personas reaccionan de manera espontánea, que no cumple con un patrón generalmente aceptado y se encuentra asociado con consecuencias aún más graves.

Diagrama 2: Principales causales del incidente de vaciamiento del reservorio venoso durante el mantenimiento de la CEC



Es por esto, que la **consecuencia** única y más relevante del vaciamiento del reservorio es el embolismo aéreo (EA), que puede ser dentro del circuito o el embolismo aéreo masivo que alcanza a llegar a la circulación del paciente.

Ha sido considerado como uno de los accidentes más espantosos asociados con la CEC y la cirugía cardíaca, debido a sus posibles consecuencias letales en los pacientes.(7) Las embolias aéreas masivas o creación de aire dentro del circuito que alcanza a llegar a la circulación sistémica de los pacientes, son eventos que ocurren con poca frecuencia, con una incidencia que varía de 0.1% a 0.2%,(45) sin embargo, requieren ser identificados y diagnosticados de manera urgente para detectar la fuente productora y generar un manejo rápido con el fin de disminuir los resultados catastróficos. (41)

Existen varias maneras de identificar esta complicación durante la cirugía cardíaca, la principal que sería la activación inicial del protocolo de manejo del EA mediante la visualización directa del perfusionista sobre su circuito de bombeo, evidenciándose las burbujas pasar hacia la línea arterial, que va directamente a la circulación sistémica. Esto se genera por el vaciamiento del reservorio que en segundos se estaría bombeando al paciente cierta cantidad de aire. Por otra parte, el uso de la ecocardiografía transesofágica (ETE) durante la cirugía cardíaca y el BCP ha consolidado una modalidad de monitorización hemodinámica invaluable, esencial para la toma de decisiones rápidas y precisas en el manejo anestésico y cardiovascular durante la cirugía y por ende una herramienta poderosa en el diagnóstico de los pacientes. Permite que el encargado, quien es el anestesiólogo cardiovascular, realizar una visualización completa de la anatomía y funcionalidad del corazón y de las estructuras que lo rodean, convirtiendo su uso en una actividad indispensable para mejorar el manejo intraoperatorio de los pacientes cardíacos y tomar decisiones más controladas. Es un método útil para detectar y localizar el aire que ingresa a las cavidades cardíacas y de igual manera para evaluar y guiar los procedimientos para eliminar dicho aire. (10)

Existen diferentes causas de embolia masiva durante el bypass cardiopulmonar, estas se pueden clasificar en tres grupos: primero las que son generadas por problemas con los equipos, como los defectos del oxigenador y la interrupción de la tubería arterial (por desconexión o ruptura de líneas), en segundo lugar por los defectos relacionados con la técnica; entre estos, la presurización en el reservorio de cardiomotomía, entrada de aire desde el catéter de succión colocado profundamente en la arteria pulmonar, la inversión de la línea de ventilación, la eliminación inadecuada del aire del tubo arterial, la introducción de aire durante la administración de la cardioplejia y posibles latidos inesperados del corazón y finalmente por errores relacionados con el factor humano, como la falta de atención a los niveles del reservorio, siendo este accidente el factor relacionado con el vaciamiento del reservorio.(41)

El EA puede generar la aparición de afecciones o perturbaciones del gasto cardíaco o inclusive producir un paro cardiovascular, esto va a depender de múltiples factores como; la cantidad de aire introducido en el sistema venoso o arterial, la solubilidad del gas, el estado del corazón en el momento de la injuria, la localización del gas y la posición del paciente.(27) Cabe resaltar que el ingreso de aire en el corazón derecho e izquierdo tiene diferentes características de reacción, en el corazón derecho los mecanismos son más indulgentes que en el lado izquierdo.

Las pequeñas burbujas de aire introducidas lentamente suelen tener poca repercusión fisiológica. Estas burbujas son eliminadas por el pulmón, quien realiza una función de filtro para las mediante la difusión gaseosa, al aumentar su presión en la arteria pulmonar, pero cuando estas burbujas exceden su capacidad de tolerancia pueden causar embolización más obstrucción pulmonar, proseguido de la disminución del GC y así un colapso circulatorio producido por la falla aguda del corazón derecho y la disminución del flujo de salida del ventrículo derecho que compromete la precarga hacia el ventrículo izquierdo.(46)

Los daños generados por las microburbujas en la circulación son el daño endotelial, la liberación de citoquinas y sustancias activadoras de la respuesta inflamatoria, micro trombosis y la isquemia del tejido.(46) La principal afectación desastrosa en el paciente con este tipo de incidente son las secuelas neurológicas adversas, causadas por la formación de micro émbolos de aire en la circulación cerebral, órgano no susceptible a la isquemia, y por ende esto contribuye al riesgo de generación de lesión cerebral durante el BCP.(41)

Existe una correlación directa entre la intensidad intraoperatoria de micro émbolos gaseosos y las pruebas neurocognitivas deficientes de los pacientes en el POP. Los micro émbolos aumentan el riesgo de mortalidad al desencadenar cambios inflamatorios y la posterior interrupción de la microcirculación cerebral, el endotelio vascular y la barrera hematoencefálica. De igual manera genera alto riesgo de mortalidad por oclusión directa de las arterias y la inflamación perivascular. (41)

Los signos clínicos que se pueden evidenciar en un EA inician con una caída brusca de la onda de CO₂ al final de la espiración causada por el espacio muerto generado por las burbujas de aire en la circulación pulmonar, de igual manera la disminución de la presión arterial media (PAM) y aumento de la frecuencia cardíaca (FC), seguido de inestabilidad hemodinámica que puede llegar a reanimación cardiopulmonar (RCP).(46)

La dosis letal de aire infundido en la circulación en el ser humano se cree que puede ser de 200 a 300 ml o 3-5 ml/kg.(46) Aunque en el corazón izquierdo, quien tiene una mayor repercusión y daño, se menciona que no se podría inyectar 1.5ml/kg por las venas pulmonares sin que ocurra la muerte en los pacientes, ocasionada por la obstrucción de las arterias coronarias.(27)

Por las razones anteriormente mencionadas, es importante la toma adecuada de decisiones por parte de todo el equipo quirúrgico; que incluye el anestesiólogo, los

cirujanos y el perfusionista, donde se deben sincronizar todas las acciones y medidas necesarias, de una manera rápida y asertiva, que minimice el impacto negativo del embolismo aéreo masivo sobre los pacientes. Es por esto, que se debe conocer y establecer un protocolo de manejo y atención una vez detectada esta complicación, con el fin de encaminar de mejor manera las estrategias a realizar en caso de suceder.(45)

Finalmente, dentro de las acciones preventivas que deben ser consideradas para la realización y mantenimiento de la CEC durante el accidente de vaciamiento del reservorio, con el fin de conocer y disminuir los imprevistos ocurridos, están:

ACCIONES PREVENTIVAS

(Durante el armado del circuito y en el mantenimiento del DCP)

INCIDENTE: VACIAMIENTO DEL RESERVORIO VENOSO			
RECOMENDACIÓN	CLASE	NIVEL	REFERENCIA
Realizar simulacros de emergencia	I	C	(34)
Conocer exhaustivamente las características de los insumos de CEC y el diseño como está conformado el circuito de CEC			Recomendación de expertos
Realizar una correcta lista de chequeo y verificación de todos los insumos, sistemas de seguridad y alarmas de la máquina de CEC.	I	C	(2, 4, 27, 40)
La vigilancia continua permite realizar una detección temprana e incluso realizar acciones preventivas o si es el caso intervenir para eliminar el mayor número de complicaciones	I	C	(27, 32,42–44)
Usar y activar el sensor de nivel siempre que se inicie el purgado de la máquina, se recomienda que el sensor de color amarillo o el superior con configuración de alarma audible y visual y el sensor rojo o de nivel mínimo permitido con la opción de parar la	I	C	(2, 4, 40)

bomba o el modo ralenti que disminuye las revoluciones por minuto suministradas al paciente.			
Activar el sensor de burbujas, que normalmente está en la línea de la salida del reservorio venoso, se recomienda configurara para parada de bomba.	I	C	(40)
Contar siempre con una línea de recirculación mayor, fácil de encontrar y abrir en caso de presentar dicho accidente.			Recomendación de expertos
Mantener preventivamente una solución (cristaloide, por ejemplo) lista y conectada a la línea de primado rápido para reponer volumen sin comprometer el flujo y el nivel del reservorio			Recomendación de expertos
Contemplar el uso del filtro arterial para atrapar aire dentro del circuito	I	C	(27,31)
El perfusionista debe estar permanentemente atento al volumen en el reservorio antes, durante y después de realizar cualquier tarea; nunca debe dejar de lado este parámetro, ya que, esto podría suceder incluso en un tiempo menor a 15 segundos.	I	C	(27, 40)

Como recomendación principal para la prevención del vaciamiento del reservorio venoso durante el mantenimiento de la CEC, se encuentra la adecuada realización, seguimiento y verificación constante de una lista de chequeo de los principales dispositivos y acciones de configuración en la máquina, con el fin de no olvidar algún evento importante que nos garantice una baja probabilidad de presentar este tipo de accidentes, verificando hasta ahora que mecanismos preventivos tenemos, se plantea la siguiente lista de chequeo:

LISTA DE CHEQUEO PARA LA PREVENCION DEL VACIAMIENTO DEL RESERVORIO VENOSO DURANTE EL BCP			
ACCION PREVENTIVA	CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES
1. Se encuentra el sensor de nivel adherido en reservorio			
2. Se encuentra el sensor de burbujas en circuito de salida del reservorio venoso			
3. Se confirmó la activación en máquina de CEC de sensores de seguridad (nivel-burbuja)			
4. Se encuentra una solución cristalóide en línea de primado rápido			
5. Se verifica la correcta conexión del sistema de drenaje con la succión de pared			
6. Se confirma que las cánulas a utilizar si le corresponden al paciente según su ASC			

En caso de no utilizar las recomendaciones suministradas para evitar el incidente durante la CEC, sea cual sea la razón o motivo, es importante como perfusionista conocer que intervenciones se deben realizar en caso de presentar el incidente del vaciamiento del reservorio y conocer que consecuencia o desenlace se presenta, si sucede un EA masivo en donde las burbujas de aire alcanzan la circulación

sistémica en el paciente, la intervención o manejo debe ser en conjunto con el grupo encargado (anestesiólogo cardiovascular, cirujanos y perfusionista), activando un protocolo de manejo del embolismo aéreo masivo o si el embolismo es en el circuito y no ha alcanzado la circulación sistémica del paciente, las intervenciones se realizarían por parte únicamente del perfusionista encargado, de la siguiente manera:

INTERVENCIÓN ANTE ESTA SITUACIÓN:

INCIDENTE: VACIAMIENTO DEL RESERVORIO VENOSO SIN COMPROMISO SISTÉMICO DEL PACIENTE			
RECOMENDACIÓN	NIVEL DE EVIDENCIA	CLASE	REFERENCIA
<p>1. Detener inmediatamente la máquina de Circulación Extracorpórea:</p> <p>Si se maneja una máquina con el cabezal de bomba de rodillo se debe: Detener inmediatamente el rodillo o cabezal de bomba y pinzar la línea arterial inmediatamente después de la burbuja.</p> <p>Si se utiliza una máquina de centrifuga, se debe pinzar la línea arterial inmediatamente después de la burbuja.</p>	I	C	(40) Recomendación de expertos
<p>2. Detener el drenaje del paciente mediante el retiro del drenaje venoso asistido (DVA), si se está utilizando y pinzar la línea venosa.</p>	I	C	(40) Recomendación de expertos
<p>3. Rápidamente abrir la(s) línea(s) de recirculación o confirmar que se encuentren abiertas, en mayor medida la recirculación mayor (o de mayor diámetro de tubería)</p>	I	C	(40) Recomendación de expertos
<p>4. Administrar volumen de solución cristaloides por la línea de primado</p>	I	C	(40) Recomendación

rápido.			de expertos
<p>5. Evaluar la recirculación completa de la burbuja lo antes posible.</p> <p>En máquina de rodillo, con la línea arterial pinzada se activa el rodillo o cabezal de bomba (Siempre con recirculaciones abiertas)</p> <p>En máquina de centrifuga sus revoluciones están activadas y se regulan según las resistencias presentadas en el circuito, lo que significa, que, con solo garantizar tener las recirculaciones abiertas, el aire va a recircular y eliminarse lo antes posible)</p>	I	C	(40) Recomendación de expertos
6. Cerrar o pinzar la línea de recirculación y restablecer el flujo óptimo al paciente en el menor tiempo posible.	I	C	(40) Recomendación de expertos
7. Corrija la causa del incidente lo más pronto posible , si es que este fue diferente a falta de atención por parte del perfusionista.	I	C	(40) Recomendación de expertos

PROTOCOLO DE MANEJO DEL EMBOLISMO AEREO MASIVO DURANTE LA CIRCULACIÓN EXTRACORPÒREA

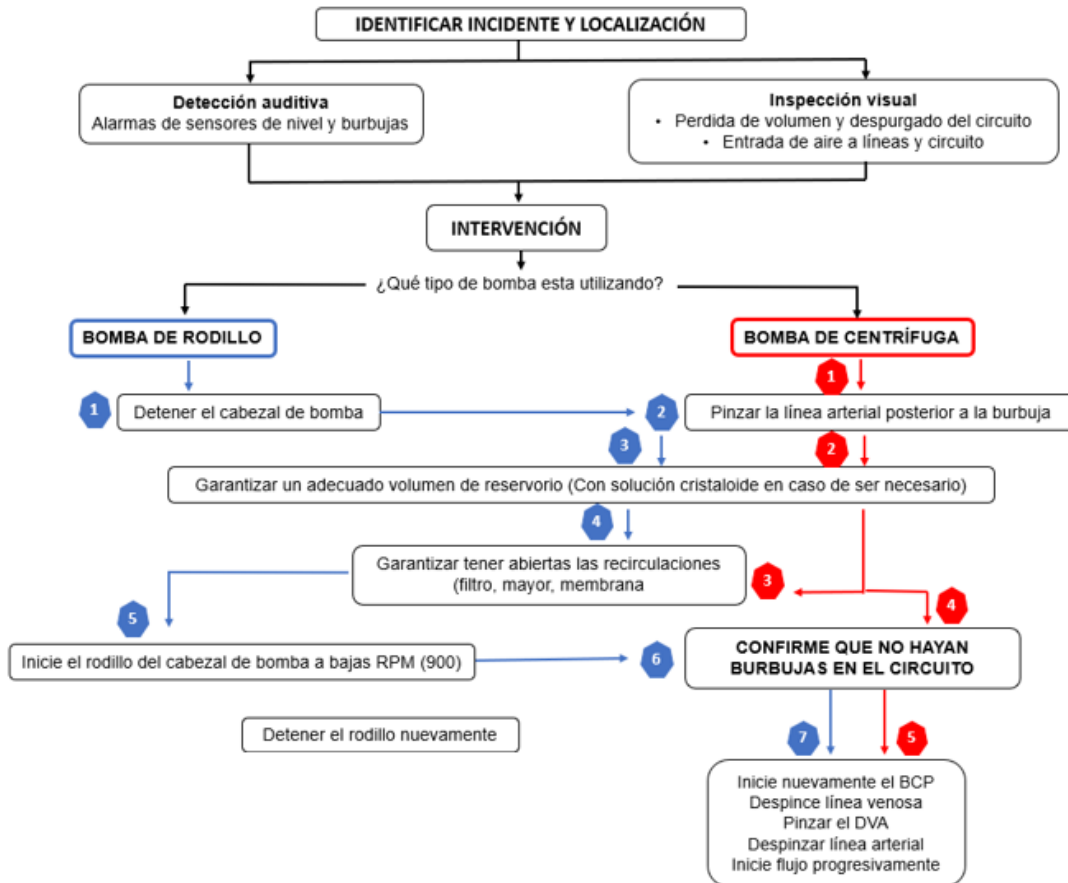
INTERVENCIONES ANTE EL VACIAMIENTO DEL RESERVORIO VENOSO CON COMPROMISO SISTÉMICO DEL PACIENTE			
RECOMENDACIÓN	NIVEL DE EVIDENCIA	CLASE	REFERENCIA
1. Informar inmediatamente al equipo quirúrgico cuando se evidencia el embolismo aéreo (en caso de que la causa sea por parte de perfusión)	I	C	(45, 46)

<p>2. Detener inmediatamente la máquina de CEC y de solución al problema principal (si la causa es por algún error o inconveniente durante la perfusión)</p> <p>Pasos:</p> <p>Detener rodillo de cabezal de bomba y pinzar la línea arterial</p> <p>Purgue nuevamente el circuito con solución cristaloide y confirme que se encuentre libre de burbujas abriendo las recirculaciones</p> <p>En caso de ser bomba de rodillo, con la línea arterial pinzada abrir recirculaciones e iniciar el rodillo</p> <p>En caso de bomba centrifuga al pinzar la línea arterial y purgar nuevamente, las burbujas deben salir por las recirculaciones</p> <p>Hay que confirmar siempre que el circuito se encuentre libre de burbujas</p> <p>Se recomienda que estas acciones no duren más de 3 minutos.</p> <p>Iniciar lo más pronto posible la CEC</p>	I	C	(40, 45, 46)
<p>3. Posición del paciente: Dar posición de Trendelemburg ya que facilita la salida de aire por la aorta, al posicionar el corazón y el cuerpo superior, por encima de lo normal, el aire tiende a subir</p>	I	C	(27, 40 45, 46)
<p>4. Iniciar enfriamiento del paciente, en intercambiador de calor disminuir la</p>	I	C	(27, 40, 45, 46)

Tº para comenzar CEC hipotérmica (20-25ºC)			
5. El cirujano retirará la cánula arterial y la pondrá en la VCS para iniciar perfusión cerebral retrograda (PCR) durante 2 minutos por todo el lecho vascular cerebral, y el aire saldrá por la incisión arterial.	I	C	(27, 40, 45, 46)
6. Se recomienda instalar FIO2 al 100% en máquina de CEC	I	C	(40, 45,46)
7. Se recomienda realizar presión temporal sobre las arterias carótidas	I	C	(40, 45,46)
8. Luego de la PCR se reiniciará la CEC hipotérmica convencional por 40 minutos de reperfusión.	I	C	(40, 45,46)
9. Se recomienda un apoyo farmacológico, con vasopresores para mantener la PAM alta (mayor de 70mmHg), barbitúricos para disminuir el consumo metabólico cerebral y brindar protección, con tiopental o Propofol, y esteroide como metilprednisolona 2gr o dexametasona 10mg.	I	C	(40, 45,46)
10. Realizar masaje de árbol coronario para intentar evacuar el aire	I	C	(40, 45,46)
11. Ventilación durante las primeras 6 horas del POP con O2 al 100% y ajustarlo según evolución clínica del paciente.	I	C	(40, 45,46)

8.2.1 ALGORITMO DE INTERVENCIÓN DEL ACCIDENTE: VACIAMIENTO DEL RESERVORIO VENOSO

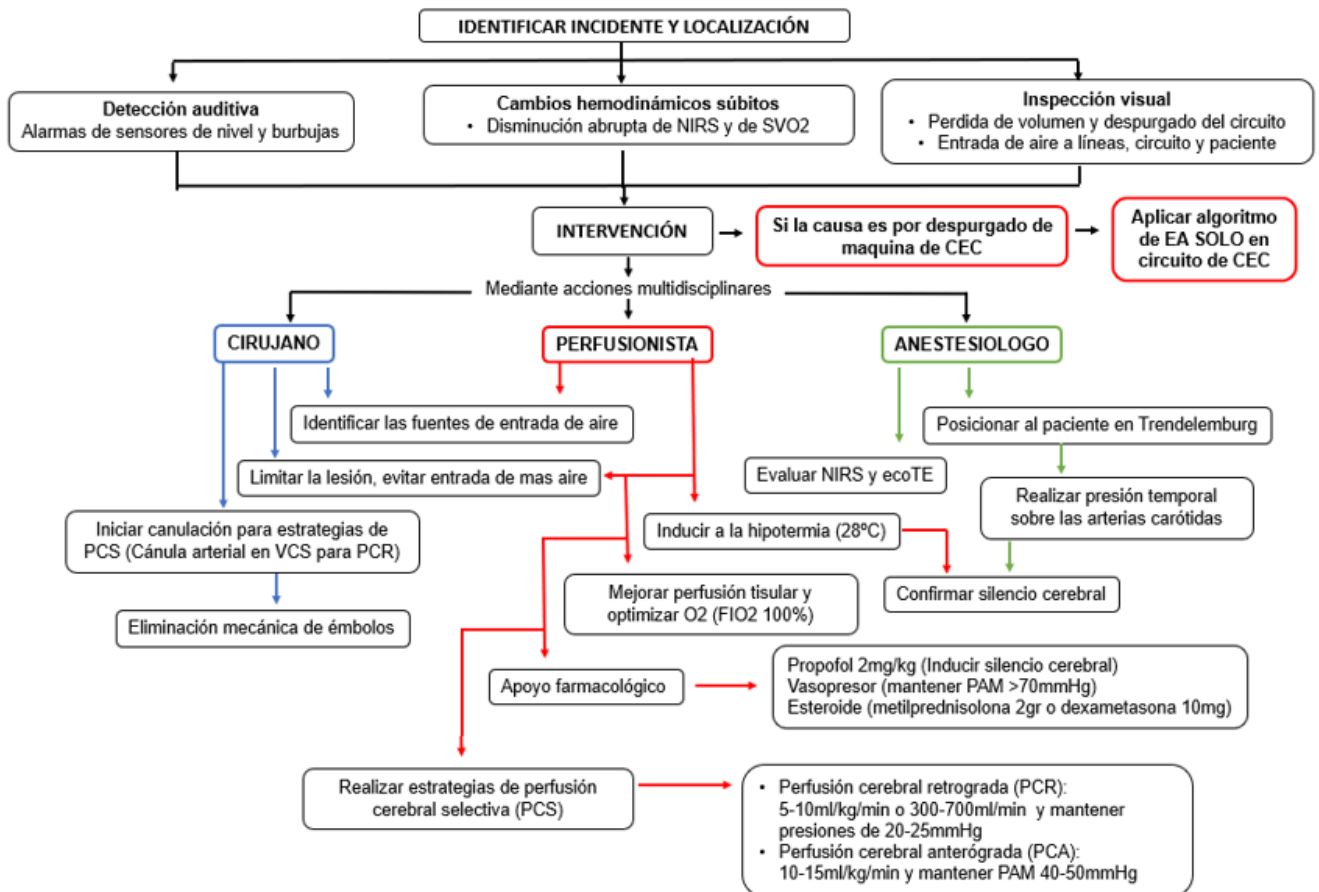
Algoritmo de manejo para el incidente: Vaciamiento del reservorio con embolismo aéreo en circuito de CEC sin compromiso sistémico del paciente



CEC: Circulación Extracorpórea, RPM: Revoluciones por minuto, BCP: Bypass Cardiopulmonar, DVA: Drenaje venoso asistido

8.2.2. ALGORITMO DE INTERVENCIÓN PARA EL EMBOLISMO AÉREO MASIVO CON COMPROMISO SISTEMICO DEL PACIENTE

Algoritmo de manejo para el incidente: Vaciamiento del reservorio con embolismo aéreo masivo con compromiso sistémico del paciente



NIRS: "near infrared spectroscopy" (Oximetría cerebral no invasiva), CEC: Circulación Extracorpórea, SVO2: Saturación Venosa de Oxígeno, EA: Embolismo Aéreo, PCS: Perfusión cerebral selectiva, PCR: Perfusión cerebral retrograda, PCA: Perfusión cerebral anterógrada, VCS: Vena cava superior, EcoTE: Ecocardiografía Transesofágica, FIO2: Fracción inspirada de oxígeno, PAM: Presión arterial media.

8.3. ROL DE PERFUSIONISTA EN LA PREVENCIÓN, DETECCIÓN Y ATENCIÓN DE LOS ACCIDENTES DURANTE LA CEC

Es importante destacar como se ha demostrado con la descripción de los algoritmos de intervención frente a los incidentes durante la Circulación Extracorpórea, que el perfusionista es el primer profesional encargado de darle solución a dichos accidentes, ya que su responsabilidad frente al manejo y conocimiento global del funcionamiento de la máquina de CEC lo hace cargo de ella y de las particularidades que sucedan durante su manejo. Es de vital importancia conocer el rol que se desempeña durante la perfusión en las diferentes cirugías cardiovasculares, ya que estos, son los profesionales encargados de mantener y controlar la adecuada circulación de la sangre en los pacientes intervenidos quirúrgicamente en una cirugía cardiovascular, donde el fusionar los conocimientos, la práctica y la fisiología en todas las variaciones patológicas de pacientes críticos que se someten a cirugía, se intenta generar una apropiada evolución clínica de los pacientes, donde no se generen alteraciones críticas, sino se propone mejorar la calidad de vida e impactar en los buenos resultados tras someterse a la derivación cardiovascular.

Durante los procedimientos cardiovasculares dentro de un quirófano, normalmente se encuentra solo un perfusionista a cargo, y de él depende que mediante los conocimientos exhaustivos de la máquina de CEC y su funcionamiento, se propicie un mantenimiento adecuado de la perfusión, que no esta exenta que sucedan eventos críticos que puedan poner en peligro la vida de las personas, pero que mediante el correcto desempeño de sus funciones se logre llevar a cabo tan importante labor sin complicaciones presentes. Todo perfusionista debe conocer la máquina que se encuentra manipulando, y debe darle solución a cualquier incidente que pueda ocurrir.

Para que una cirugía cardiovascular tenga éxito, es necesario un equipo multidisciplinar entrenado, donde prime la comunicación asertiva y empática, en el cual siempre se tenga claro que la prioridad es el paciente y su bienestar. Y para que esto ocurra se debe integrar adecuadamente los conocimientos, las habilidades y la capacidad de trabajo en equipo.

En esto, el rol del perfusionista resalta cuando se tiene claridad en lo que se va a realizar y capacidad de reacción rápida, que lo propicia el buen entrenamiento y las bases teóricas y fisiológicas que brinda la academia, con todo esto, se puede descubrir la importancia dentro de un equipo quirúrgico de dicho profesional dentro de la cirugía cardiovascular y los posibles eventos o incidentes adversos que se pueden presentar.

9. DISCUSIÓN

La practica de la perfusión extracorpórea se ha mantenido durante años, como el aporte de una adecuada circulación sanguínea, mediante el manejo de la función hemodinámica del paciente por parte del profesional en perfusión, garantizando una buena perfusión tisular a los demás órganos, mientras se garantiza un campo quirúrgico inmóvil y exsanguineo, donde los cirujanos puedan desempeñar cómodamente la manipulación quirúrgica del corazón, propiciándole a los pacientes con alguna alteración o patología, la resolución o mejoría de su condición clínica.

Sin embargo, se sabe que la técnica de la CEC genera variadas afecciones multisistémicas, que se encuentran asociadas a posibles eventos adversos o incidentes en los pacientes sometidos a procedimientos quirúrgicos con derivación cardiovascular, de las cuales, dichas cirugías serian imposibles de realizar sin el uso de la maquina de CEC. Es así, que la posibilidad de suceso o variación de los accidentes, se vuelven inherentes a la práctica clínica de la perfusión, y es por esta razón que se tornan imprescindibles de conocer y aún más, saber actuar frente a ellos una vez que sucedan. Dicha importancia sobre el saber actuar frente a ellos, radica en la relación que hay entre su presentación y la alta tasa de morbimortalidad asociada, así pues, la seguridad del paciente se convierte en un pilar fundamental de la cirugía cardiaca, el cual tiene por finalidad disminuir o eliminar el riesgo de ocurrencia de algún evento critico sucedido en la atención brindada de salud o intentar mitigar sus consecuencias.

Para el perfusionista, enfrentarse a intervenir los incidentes que ocurren durante la CEC se convierte en un reto que requiere gran conocimiento y capacidad de reacción, como también se requiere saber exhaustivamente cuales son los principales accidentes que suceden y la forma de actuar frente a ellos. Una investigación realizada en Colombia en el año 2019, se basó en la aplicación de una encuesta a todos los perfusionistas, donde se describen los dos principales accidentes que suceden; siendo el vaciamiento del reservorio venoso con una posible embolia aérea del circuito o embolismo aéreo masivo del paciente y la desconexión y ruptura de líneas en el circuito.

Es por esta razón, que nuestra investigación se basa en conocer cuáles son las estrategias de prevención, detección e intervención de estos dos principales accidentes anteriormente mencionados durante la circulación extracorpórea en Colombia, y se realiza un seguimiento completo de los dos tipos de accidentes, buscando la manera de englobarlos para unificar los criterios y hablar un mismo idioma entre los perfusionistas del país, ya que es conociendo la forma en como

se previenen, se identifican y como se intervienen, mediante la aplicación de los diferentes algoritmos de manejo; en los cuales se encuentra el paso a paso de las acciones por realizar, de forma práctica y fácil de entender.

De acuerdo con esto se diseñaron las diferentes estrategias de prevención; como acciones seguras durante el armado, purgado y mantenimiento de los circuitos y máquina de perfusión extracorpórea. En ambos accidentes, se recalca la importancia de prevenirlos conociendo adecuadamente la máquina y la forma de armado, realizando simulacros de prevención contra accidentes en perfusión y teniendo una vigilancia extrema al circuito de CEC para detectar tempranamente alguna anomalía o realizar acciones preventivas que eliminen el mayor número de eventos adversos.

En el accidente de desconexión y ruptura de líneas, se resalta la importancia de prevenirlo prestando mucha atención respecto al tránsito de personas en el quirófano cerca a la máquina, de igual manera se debe ajustar fuertemente hasta el segundo espacio de los conectores la tubería; garantizando uniones eficientes del circuito, para que la presión que ejerce el flujo sanguíneo por la tubería del circuito no haga que se desconecten. Además, el utilizar todos los sistemas de la máquina como el de la presión en las líneas puede garantizar un aviso al momento de hiperpresión, que pueda generar posterior a esto una desconexión de líneas. La recirculación del circuito en el purgado con soluciones cristaloides también es una buena técnica de garantizar adecuada conexión de las líneas por parte del perfusionista.

En relación con la identificación de dicho accidente, es fácil de detectar, ya que cuando este evento sucede, rápidamente se escucharía un estallido o se observaría una pérdida de sangre o de volumen cristaloides anormal, que llamaría la atención inmediatamente por parte del perfusionista con una vigilancia continua. Y por consiguiente la manera de intervenir este accidente estaría dada por la conexión inmediata o cambio rápido de la tubería implicada, o en caso de que comprometa una línea principal arteriovenosa, se debe garantizar que este libre de burbujas, purgando o recirculando y luego conectando las tuberías. En algunos casos más críticos se debe parar inmediatamente el BCP e intentar solucionar el inconveniente y volver a retomar la circulación extracorpórea lo más rápido posible.

Por otra parte, otro de los accidentes tratados en la investigación, es el vaciamiento del reservorio venoso, causado principalmente por disminución del retorno venoso, por acodamientos en las cánulas venosas, por errores con el drenaje venoso asistido y finalmente por atención deficiente por parte del perfusionista al nivel del reservorio por acumulo de tareas, y principalmente por omitir, por no utilizar o no contar con adecuados sistemas de seguridad que nos

garanticen una alarma o alerta auditiva cuando el nivel se encuentre por debajo de lo normal. Por esta razón, los sistemas de seguridad utilizados durante la CEC son temas de gran impacto y renombre en la literatura encontrada, ya que, si se utiliza adecuadamente dichos sistemas de seguridad, estamos garantizando la eliminación o disminución de estos accidentes críticos con posibles repercusiones mortales en los pacientes, como el embolismo aéreo masivo, causado por el vaciamiento del reservorio o por la desconexión o ruptura de líneas.

La identificación del segundo accidente mencionado se realiza mediante observación directa por parte del perfusionista, por detección auditiva mediante las alarmas y alertas de los dispositivos de seguridad o en un caso extremo que sobrepase las primeras barreras, se evidenciaría cambios hemodinámicos abruptos en los pacientes y allí se debe conocer e implementar los algoritmos o protocolos de manejo frente a dicho accidente, como se evidencia en el resultado de nuestra investigación. Se debe garantizar un adecuado volumen del reservorio para recircular las posibles burbujas que se encuentren en el circuito, y es muy importante implementar acciones dependiendo hasta que lugar del circuito se encuentran las burbujas, siendo esto, lo que marca la pauta de los pasos que se deben realizar, como parar la CEC y recircular para eliminar las burbujas o detener la CEC y activar el protocolo de embolismo aéreo masivo, el cual debe ser en trabajo conjunto con el equipo multidisciplinar, conformado por anestesiólogo, cirujano y perfusionista.

Las acciones mencionadas anteriormente hacen parte de los protocolos de intervención desarrollados en nuestra investigación para el manejo de dichos accidentes. Es difícil encontrar o tener acceso en la literatura mundial a protocolos claros y concisos sobre como enfrentar estos accidentes cuando se presenten, no existen estudios previos que hablen específicamente de estos dos accidentes tratados, ni se logró encontrar en la búsqueda bibliográfica evidencia clara con respecto al tema de algoritmos de intervención, prevención y manejo que pudiéramos comparar con otras instituciones, sino, simplemente existen acercamientos al tema respecto a los dispositivos de seguridad que garantizan una perfusión óptima. Algunos estudios con encuestas a los perfusionistas del mundo, principalmente en Holanda, EEUU, Francia, Australia, Nueva Zelanda, entre otros, han demostrado que la atención y vigilancia extrema por parte del perfusionista junto con un buen soporte de sistemas de seguridad en la máquina; garantizan la disminución o eliminación de dichos accidentes. Y para esto, se vuelve imprescindible la realización de listas de chequeo, protocolos y consecuente unificación de criterios para saber cómo actuar cuando se enfrenta a eventos críticos como los accidentes, que son eventos fatales y catastróficos durante la cirugía cardíaca.

Es por esta razón, que la poca literatura del tema intervenido se convierte en un limitante claro en nuestra investigación, ya que no logramos verificar la concordancia entre nuestros resultados y los que describe la historia, aun así, con conocimiento del tema y la orientación de expertas en perfusión de más de 10 años, podemos asegurar que es necesario implementar o tener en formatos claros y fáciles de entender los diferentes algoritmos o estrategias descritas, ya que estas son un paso a paso en la implementación de acciones rápidas que debemos realizar en caso de presentar dichos accidentes, y que el saber actuar con seguridad y lógica frente a esto; tendrá un impacto positivo en la vida de los pacientes.

Es por esto que se recomienda abiertamente y se evidencia la importancia de que todas las instituciones de salud que cuenten con servicios complejos como cirugía cardiovascular, cuenten con protocolos de atención, manejo e intervención de posibles accidentes que se puedan presentar, es verídico que los perfusionistas unifiquen criterios frente a la prevención, identificación y manejo de dichos accidentes, ya que haciendo esto, se puede lograr la disminución de posibles complicaciones relacionadas, y esto genera mejores resultados y pronóstico para los pacientes sometidos a cirugía y a derivación cardiovascular, que es el principal objetivo de la atención en salud; su seguridad.

Como equipo de trabajo deseamos que estos algoritmos de intervención logren ser conocidos por todos los profesionales en perfusión y CEC, ya que estamos convencidos que si logramos hablar un mismo idioma vamos a obtener mejores resultados clínicos en nuestros pacientes a la hora de brindar una atención en salud durante los procedimientos quirúrgicos cardiovasculares, y de esta manera genera un impacto positivo en nuestro gremio, en las instituciones de salud, en nuestro equipo quirúrgico y por último, pero más importante en la salud y evolución de los pacientes, quienes son nuestro objeto de estudio.

10. CONCLUSIONES

- Actualmente existe poca literatura sobre el manejo de los diversos accidentes que pueden ocurrir durante la CEC, y esto hace que se vuelva necesaria su documentación y análisis, con el fin de nutrir la profesión y tener amplio conocimiento sobre cómo actuar frente a los eventos desfavorables.
- Es necesario unificar criterios de atención durante la CEC, esto es fundamental en el gremio de la perfusión ya que al conocer que los accidentes suceden, y tener a la mano algoritmos que de manera sistemática, entendible y organizada den solución a un inconveniente, garantizan la calidad de la atención y la disminución de eventos adversos en los pacientes.
- El perfusionista es el único profesional competente en el tema del manejo y configuración de la máquina de CEC, por esta razón, es indispensable su labor en la prevención, detección y atención de los diferentes accidentes que puedan ocurrir durante la perfusión.
- La evidencia nos demuestra que es inevitable que puedan ocurrir accidentes durante la CEC, sin embargo, un estado de alerta constante por parte del perfusionista y garantizar las medidas y utilización de dispositivos de seguridad en los circuitos, nos ayudan a prevenir o disminuir dichos incidentes, con el fin de mejorar la seguridad y calidad de la atención durante la CEC.

11.RECOMENDACIONES

- Validar la utilidad de los diferentes algoritmos de prevención, identificación y manejo de los dos principales accidentes que ocurren durante la Circulación Extracorpórea; vaciamiento del reservorio venoso y desconexión y/o ruptura de líneas, en la práctica clínica, con el fin de luego lograrlos implementar en las diferentes instituciones de salud que presten el servicio de cirugía cardiovascular, como una guía de practica clínica estandarizada en los grupos de perfusión.

12. BIBLIOGRAFÍA

1. Hannan EL, Zhong Y, Racz M, Jacobs AK, Walford G, Cozzens K, et al. Outcomes for patients with ST-elevation myocardial infarction in hospitals with and without onsite coronary artery bypass graft surgery: the New York State experience. *Circ Cardiovasc Interv.* diciembre de 2009;2(6):519-27.
2. Charrière J-M, Péliissié J, Verd C, Leger P, Pouard P, de Riberolles C, et al. Survey: Retrospective Survey of Monitoring/Safety Devices and Incidents of Cardiopulmonary Bypass for Cardiac Surgery in France. *J Extra Corpor Technol.* 1 de octubre de 2007;39:142-57; discussion 158.
3. Nogueiras MÁP. Efecto de la heparina en pacientes sometidos a cirugía cardiaca con circulación extracorpórea. *Rev Esp Perfus.* 2016;(60):9-23.
4. Mejak BL, Stammers A, Rauch E, Vang S, Viessman T. A retrospective study on perfusion incidents and safety devices. *Perfusion.* 1 de enero de 2000;15(1):51-61.
5. Groenenberg I, Weerwind PW, Everts PA, Maessen JG. Dutch perfusion incident survey. *Perfusion.* septiembre de 2010;25(5):329-36.
6. Kurusz M. Perfusion safety: new initiatives and enduring principles. *Perfusion.* 1 de septiembre de 2011;26(1_suppl):6-14.
7. Svenmarker S, Appelblad M. Reporting of perfusion-related incidents: pitfalls and limitations [Internet]. Vol. 20. 2005 [citado 21 de abril de 2019]. 243 p. Disponible en: http://explore.bl.uk/primo_library/libweb/action/display.do?tabs=detailsTab&gatherStatTab=true&ct=display&fn=search&doc=ETOCRN175255046&indx=1&recIds=ETOCRN175255046
8. F. Jenkins O, Morris R, M. Simpson J. Australasian perfusion incident survey. *Perfusion.* 1 de octubre de 1997;12:279-88.
9. Stammers AH, Mejak BL. An update on perfusion safety: does the type of perfusion practice affect the rate of incidents related to cardiopulmonary bypass? *Perfusion.* 1 de mayo de 2001;16(3):189-98.
10. Hernández-Carrillo M, Quintero Ramírez A, Cubides Munevar A. Seguridad del paciente durante la circulación extracorpórea * Patient safety during the circulation extracorporeal. *Rev Colomb Salud Libre.* 12 de enero de 2014;

11. Ginther R, Fillingham R, Searles B, Darling E. Departmental use of perfusion crisis management drills: 2002 survey results. *Perfusion*. 1 de septiembre de 2003;18(5):299-302.
12. Suárez G, García A, Suárez JR. Lesiones neurológicas durante la circulación extracorpórea: fisiopatología, monitorización y protección neurológica. *Med Intensiva*. 2002;26(6):292-303.
13. Reason J. Human error: models and management. *BMJ*. 18 de marzo de 2000;320(7237):768.
14. Davis P, Lay-Yee R, Briant R, Ali W, Scott A, Schug S. Adverse events in New Zealand public hospitals I: occurrence and impact. *N Z Med J*. 13 de diciembre de 2002;115(1167):U271.
15. Forster AJ, Asmis TR, Clark HD, Al Saied G, Code CC, Caughey SC, et al. Ottawa Hospital Patient Safety Study: incidence and timing of adverse events in patients admitted to a Canadian teaching hospital. *CMAJ Can Med Assoc J J Assoc Medicale Can*. 13 de abril de 2004;170(8):1235-40.
16. Organización Mundial de la Salud. Alianza Mundial para la Seguridad del Paciente La Investigación en Seguridad del Paciente Mayor conocimiento para una atención más segura [Internet]. 2008 [citado 12 de mayo de 2019]. Disponible en: https://www.who.int/patientsafety/information_centre/documents/ps_research_brochure_es.pdf
17. Villarreal-Pérez JZ, Gómez-Almaguer D, Bosques-Padilla FJ. Errar es humano. *Med Univ*. 2011;13(51):69-71.
18. Ministerio de la Protección Social. Lineamientos para la implementación de la Política de Seguridad del Paciente. [Internet]. Bogotá D.C. Noviembre de 2008. [citado 12 de mayo de 2019]. Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B2n%20112%20de%202012%20-%20Documentos%20de%20apoyo%202.pdf
19. Organización Mundial de la Salud. Enfermedades cardiovasculares [Internet]. [citado 11 de mayo de 2019]. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
20. Casado R, M J. Cirugía cardíaca y edad avanzada. *Rev Esp Cardiol*. 1 de junio de 2008;61(06):564-6.
21. López J, González E, Miguelena J, Martín M, Cuerpo G, Rodríguez-Roda J. Toma de decisiones en cirugía coronaria. Indicaciones y resultados del

tratamiento quirúrgico del paciente con cardiopatía isquémica. *Cir Cardiovasc.* 2017;24(2):91-6.

22. Huber CH, Goeber V, Berdat P, Carrel T, Eckstein F. Benefits of cardiac surgery in octogenarians — a postoperative quality of life assessment. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1 de junio de 2007;31(6):1099-105.
23. Molina MJ. Estratificación del riesgo en cirugía cardiaca. *Archivos de cardiología de México.* [Internet] 2002 [citado 22 de mayo de 2019].; Vol. 72 Supl.1/ Enero-marzo 2002. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/archi/ac-2002/acs021ab.pdf>
24. López Menéndez J, Cuerpo Caballero G, Centella Hernández T, Polo López L, Silva Guisasola J, Gascón García-Verdugo P, et al. Cirugía cardiovascular en España en el año 2017. Registro de intervenciones de la Sociedad Española de Cirugía Torácica-Cardiovascular. *Cir Cardiovasc.* 1 de enero de 2019;26(1):8-27.
25. Valenzuela-Flores DAG, Valenzuela-Flores DAA, Ortega-Ramírez DJA, Penagos-Paniagua DM, Pérez-Campos DJP. Alteraciones fisiopatológicas secundarias a circulación extracorpórea en cirugía cardíaca. *Cir Cir.* 2005;(1):8.
26. Ministerio de la Protección Social. Herramientas para promover la estrategia de la Seguridad del Paciente en el Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención en Salud [Internet]. FUNDACION FITEC; 2007 [citado 9 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/1/Herramientas%20para%20la%20Seguridad%20del%20Paciente.pdf>
27. Lopez S. TG. Accidentes en CEC: Causas, prevención y tratamiento. *Segundo Semest.* 1995;No. 21:22-32.
28. Pech-Alonso B, Arredondo-Ruiz P, González-Galván LM, Fermín-Hernández C, Pech-Alonso B, Arredondo-Ruiz P, et al. Síndrome de la vena cava superior: diagnóstico y tratamiento. *Med Interna México.* junio de 2018;34(3):403-11.
29. Avendaño L. AW. Encuesta de incidentes relacionados con circulación extracorpórea Colombia 2019. *Revista Perfusión Colombia.* 2019;
30. Sousa-Uva M, Head SJ, Thielmann M, Cardillo G, Benedetto U, Czerny M, et al. Methodology manual for European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) clinical guidelines. *Eur J Cardiothorac Surg.* 10 de septiembre de 2015;ezv309.

31. Gomar Sancho C, Pomar JL, Mata MT, Asociación Española de Perfusionistas. Fisiopatología y técnicas de circulación extracorpórea. Barcelona: Asociación Española de Perfusionistas; 2003.
32. Tschaut RJ. Circulación extracorporea en teoría y práctica [Internet]. Pabst; 2003. 807 p. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=C4mStwAACAAJ>
33. Grist G. Classic Pages of the Journal of Extracorporeal Technology: Does Perfusion Have a Safety Culture? J Extra Corpor Technol. septiembre de 2015;47(3):183-91.
34. Schabel RK, Berryessa RG, Justison GA, Tyndal CM, Schumann J. Ten common perfusion problems: prevention and treatment protocols. 1987. J Extra Corpor Technol. septiembre de 2007;39(3):203-9; discussion 201-202.
35. Uretzky G, Landsburg G, Cohn D, Wax Y, Borman JB. Analysis of microembolic particles originating in extracorporeal circuits. Perfusion. 1 de enero de 1987;2(1):9-17.
36. Orenstein JM, Sato N, Aaron B, Buchholz B, Bloom S. Microemboli observed in deaths following cardiopulmonary bypass surgery: Silicone antifoam agents and polyvinyl chloridetubing as sources of emboli. Hum Pathol. 1 de diciembre de 1982;13(12):1082-90.
37. Bednarski Spiwak AJ, Horbal A, Leatherbury R, Hansford DJ. Extracorporeal Tubing in the Roller Pump Raceway: Physical Changes and Particulate Generation. J Extra Corpor Technol. septiembre de 2008;40(3):188-92.
38. Sai Krishna C, Naresh Kumar PV, Satpathy SK, Ram Mohan K, Ramesh Babu V. Rupture of extra-corporeal circuit tubing during cardiopulmonary bypass. J Extra Corpor Technol. marzo de 2008;40(1):74-6.
39. Liu Y, Faria M, Leonard E. Spallation of Small Particles From Peristaltic Pump Tube Segments. Artif Organs. julio de 2017;41(7):672-7.
40. Gary Grist. Cardiopulmonary Bypass (CPB) Safety Program and Failure Mode Effect Analysis (FMEA). Journal of Extracorporeal Technology; 2015. (Open circuit, roller and centrifugal pump).
41. Mukherji J, Hood RR, Edelstein SB. Overcoming Challenges in the Management of Critical Events During Cardiopulmonary Bypass. Semin Cardiothorac Vasc Anesth. junio de 2014;18(2):190-207.
42. Fernandez A. Simulation in perfusion: where do we go from here? Perfusion. enero de 2010;25(1):17-20.

43. Ginther R, Fillingham R, Searles B, Darling E. Departmental use of perfusion crisis management drills: 2002 survey results. *Perfusion*. 1 de septiembre de 2003;18(5):299-302.
44. Momose N, Tomizawa Y. Incident-simulating device with wireless control for extracorporeal circulation crisis management drills. *Perfusion*. 1 de febrero de 2008;23:17-21.
45. Quintero OL, Giraldo JC, Sandoval NF. Successful Management of Massive Air Embolism During Cardiopulmonary Bypass Using Multimodal Neuroprotection Strategies. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth*. 27 de diciembre de 2018;1089253218819782.
46. Gress-Mendoza AE. Protocolo de detección y tratamiento del embolismo aéreo. *Rev Mex Anesthesiol*. 3 de julio de 2018;41(S1):81-2.