

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BUENOS AIRES – ITBA

ESPECIALIZACION EN CIENCIA DE DATOS

DESARROLLO DE CLASIFICADOR PARA PACIENTES SOMETIDOS A CIRUGÍA CARDÍACA CON CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA

AUTOR: Lugones, Carlos Alejandro (Leg. N° 105528)

PROFESOR/A: Prof. Alicia Laura Mon

TALLER DE TRABAJO FINAL INTEGRADOR

BUENOS AIRES

SEGUNDO CUATRIMESTRE, 2023

ÍNDICE

1. Introducción.....	2
2. Definición del Problema	2
3. Estado de la Cuestión	3
4. Justificación del estudio.....	5
5. Alcances del trabajo y limitaciones	6
6. Hipótesis.....	7
7. Objetivos	7
8. Metodología	8
Técnicas.....	10
Herramientas	10
9. Referencias-Bibliografía	10

1. Introducción

La cirugía cardíaca con circulación extracorpórea (CEC) ha revolucionado el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, permitiendo procedimientos complejos y salvavidas. Sin embargo, a lo largo de la historia, se ha evidenciado que la CEC no está exenta de desafíos y complicaciones potenciales para los pacientes. Uno de los aspectos cruciales en la planificación de una cirugía cardíaca con CEC es la identificación de aquellos pacientes que pueden requerir medidas adicionales de soporte hemodinámico, como el uso de un balón de contrapulsación intraaórtico (BCIA), para garantizar una recuperación segura y efectiva.

La historia de la bomba de circulación extracorpórea se entrelaza con los avances en la cirugía cardíaca y la búsqueda constante de optimizar los resultados quirúrgicos. Desde los primeros intentos de reemplazar las funciones cardíacas mediante dispositivos mecánicos en la década de 1920, hasta la exitosa implementación de la CEC en la década de 1950 (John H. Gibbon Jr. En 1953), la tecnología y las técnicas han evolucionado de manera significativa. La introducción de la CEC permitió procedimientos más complejos al brindar un método confiable para mantener la circulación sistémica durante la cirugía cardíaca, lo que abrió las puertas a la corrección de defectos cardíacos y la revascularización coronaria.

Sin embargo, esta maravillosa herramienta no está exenta de limitaciones. Durante la CEC, los pacientes pueden experimentar una respuesta inflamatoria sistémica y desequilibrios hemodinámicos que pueden tener implicaciones clínicas significativas. La necesidad de proporcionar un soporte circulatorio adicional, como el balón de contrapulsación intraaórtico (BCIA), es una consideración crítica en la gestión de estos pacientes. El BCIA es un dispositivo que se coloca intraaórticamente y se sincroniza con el ciclo cardíaco para mejorar la perfusión coronaria y disminuir la carga de trabajo del corazón, especialmente en situaciones de compromiso hemodinámico.

En este contexto, surge la necesidad de desarrollar un enfoque de clasificación preoperatoria que permita identificar de manera temprana a los pacientes que podrían beneficiarse del uso del BCIA durante la cirugía cardíaca con CEC. Esta clasificación podría basarse en una combinación de factores clínicos, ecográficos, como la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEV), anatomía cardiovascular, tipo de cirugía, sexo, edad, etc que puedan prever la vulnerabilidad del paciente a desafíos hemodinámicos durante el procedimiento. Un enfoque personalizado y predictivo podría permitir una toma de decisiones más informada por parte del equipo médico, optimizando la planificación preoperatoria y mejorando los resultados postoperatorios.

En este proyecto de investigación, abordaremos la importancia de la clasificación de pacientes en cirugía cardíaca con CEC y la necesidad de identificar aquellos que puedan requerir soporte hemodinámico adicional, como el BCIA. Analizaremos la historia de la CEC y el desarrollo del BCIA, así como los avances actuales en la identificación de factores predictivos. Nuestro objetivo es contribuir al conocimiento en este campo y proporcionar una base para el desarrollo de enfoques más personalizados y efectivos en la gestión de pacientes sometidos a cirugía cardíaca con CEC.

2. Definición del Problema

Hasta el momento la necesidad crítica de tomar decisiones médicas fundamentales durante la cirugía cardíaca, como la elección de utilizar un balón de contrapulsación para el apoyo de la salida de CEC se realiza en el intraoperatorio, muchas veces de manera intempestiva ante la urgencia que demanda la situación o previéndola

en el prequirúrgico de acuerdo a la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEY) como única variable. Además, se agrega complejidad al hecho de que los puntajes de scores de riesgo como STS, EUROSCORE y EUCOSCORE II (o logístico) tienen limitaciones intrínsecas, ya que no proporcionan predicciones específicas para el período intraoperatorio, centrándose en predicciones globales y definiendo si el paciente es candidato o no al procedimiento quirúrgico.

Desde la perspectiva de la ciencia de datos, se busca resolver el desafío de identificar los datos esenciales necesarios para desarrollar un modelo de clasificación para pacientes que se someten a cirugía cardíaca con el uso de una bomba de circulación extracorpórea (BCEC) para prever en el prequirúrgico si los pacientes pueden requerir asistencia circulatoria como un balón de contrapulsación intraaórtico o es necesario utilizar otra técnica quirúrgica que demande menor tiempo de BCEC.

3. Estado de la Cuestión

La cirugía cardíaca es una intervención médica de alto riesgo que se realiza en pacientes con enfermedades cardíacas graves. Durante estos procedimientos, es común la utilización de una bomba de circulación extracorpórea (BCEC/CEC) para mantener la circulación y oxigenación sanguínea mientras el cirujano trabaja en el corazón exangüe del paciente. Sin embargo, la elección de utilizar una CEC y determinar la técnica quirúrgica adecuada son decisiones cruciales que deben basarse en una evaluación precisa del estado del paciente.

Los scores STS, EUROSCORE y EUCOSCORE II (o logístico) son herramientas ampliamente utilizadas para evaluar el riesgo quirúrgico y predecir la mortalidad perioperatoria en pacientes sometidos a cirugía cardíaca. Estos scores consideran una serie de factores clínicos, como la edad del paciente, comorbilidades médicas, el tipo de cirugía y otros indicadores relevantes para calcular el riesgo global del paciente.

Sin embargo, la limitación crítica de estos scores es que no ofrecen predicciones específicas para el período intraoperatorio. Su enfoque se centra en proporcionar estimaciones generales de riesgo preoperatorio y postoperatorio. Esto significa que, aunque estos scores son valiosos para evaluar el riesgo global y ayudar en la planificación preoperatoria, no proporcionan orientación directa sobre la necesidad de medidas intraoperatorias específicas, como el uso de un balón de contrapulsación o la adaptación de la técnica quirúrgica en tiempo real.

Por lo tanto, la identificación de datos relevantes para la toma de decisiones intraoperatorias críticas se convierte en un desafío clave. Estos datos podrían incluir información sobre la respuesta hemodinámica del paciente durante la cirugía, la presión arterial, la saturación de oxígeno, la función cardíaca y otros parámetros en tiempo real que pueden guiar las decisiones clínicas. La necesidad de identificar este problema es esencial para garantizar la seguridad y el éxito de las cirugías cardíacas, así como para minimizar los riesgos asociados.

En resumen, el problema se centra en la identificación de datos necesarios para tomar decisiones intraoperatorias críticas durante la cirugía cardíaca con BCEC, en el contexto de la limitación de que los scores STS, EUROSCORE y EUCOSCORE II (o logístico) no proporcionan predicciones específicas para el intraoperatorio. La solución de este problema es fundamental para mejorar la atención y el resultado de los pacientes sometidos a cirugía cardíaca, asegurando que las decisiones médicas se tomen de manera precisa y oportuna en función de la situación clínica en tiempo real.

Concepto de circulación extracorpórea:

La circulación extracorpórea es un procedimiento médico esencial utilizado en cirugías cardíacas y de bypass coronario. Durante este procedimiento, la sangre del paciente es desviada fuera del corazón y se canaliza a través

de una máquina de circulación extracorpórea, también conocida como "bomba de circulación extracorpórea" (BCE). Esta máquina realiza la función del corazón y los pulmones, oxigenando y filtrando la sangre para mantener la oxigenación y circulación sanguínea mientras el corazón está detenido durante la cirugía.

Importancia del tiempo de bomba de circulación extracorpórea:

El tiempo de bomba de circulación extracorpórea es un factor crítico en el contexto de la cirugía cardíaca. La duración de este procedimiento puede influir en múltiples aspectos, incluido el riesgo de complicaciones postoperatorias, la respuesta inflamatoria del paciente, la duración total de la intervención quirúrgica y el tiempo de recuperación postoperatoria. Un tiempo prolongado de bomba puede estar asociado con un mayor estrés para los órganos y sistemas del paciente, lo que podría aumentar la probabilidad de complicaciones. Esta respuesta inflamatoria, asociada con trastornos postoperatorios de la hemostasia, es responsable de una significativa morbilidad en cirugía cardíaca (Baufreton et al., 2006).

El síndrome biológico "post-CEC" relacionado con la "bioincompatibilidad" de la CEC, denominado por los anglosajones "Blood Activation," agrupa la activación de numerosas y diversas cascadas fisiopatológicas humorales y celulares (fibrinólisis, coagulación, complemento, leucocitos, plaquetas, etc.) (Baufreton et al., 2006). Según este autor *..."Paradójicamente, esta entidad clínico-biológica ha sido mejor comprendida desde que la cirugía cardíaca sin CEC, es decir, la cirugía coronaria con el corazón latiendo. La respuesta inflamatoria en cirugía cardíaca no desaparece por la ausencia de superficies artificiales. La distinción entre respuesta inflamatoria dependiente de los materiales y respuesta inflamatoria independiente de los materiales es, por lo tanto, hoy en día más pertinente"...* (Baufreton et al., 2006).

En este sentido, y a partir de las cirugías de revascularización miocárdica sin CEC (a corazón latiendo), algunos autores sostienen la hipótesis que el trauma derivado del procedimiento quirúrgico es probablemente el principal determinante de la respuesta inflamatoria y que la CEC solo influye mínimamente en los niveles circulantes de los marcadores inflamatorios. (Esper et al, 2014).

Se debe tener en cuenta que este debate (CRM con vs CRM sin CEC) aún permanece abierto en la comunidad de cirujanos cardiovasculares, si bien es un tema importante y podría "separar las aguas" en cuanto a cuál es el papel de la CEC en la inflamación sistémica postquirúrgica y cual le corresponde al mero acto quirúrgico cuando no hay CEC, se debe considerar que el presente trabajo aborda distintos tipos de cirugía cardíaca con CEC que no pueden prescindir de ésta y no solo se remite a la CRM.

Si bien es necesario hallar un mecanismo para disminuir la respuesta inflamatoria sistémica y sus deletéreos efectos en el postoperatorio por medio de agentes farmacológicos o biológicos únicos o combinados (Levy, J. H., et al 2003), a pesar de los ya existentes en la recuperación cardiovascular, debemos tener en cuenta que todos estos trabajos están centrado en el postoperatorio dejando en la intuición y expertise del cirujano tratante la "necesidad de dispositivos de asistencia ventricular como el BCIA".

Factores que afectan el tiempo de bomba:

Varios factores pueden influir en la duración del tiempo de circulación extracorpórea durante una cirugía cardíaca. Estos factores incluyen la complejidad del procedimiento quirúrgico, la experiencia del equipo médico y perfusionista, el estado de salud preoperatorio del paciente, la técnica quirúrgica utilizada, la necesidad de realizar procedimientos adicionales durante la cirugía (como reparación valvular o corrección de aneurismas) y la disponibilidad de recursos técnicos adecuados para realizar la perfusión cardiopulmonar.

Estudios previos sobre el tiempo de bomba:

Una revisión bibliográfica de estudios e investigaciones previas sobre el tiempo de bomba de circulación extracorpórea ha arrojado diversas conclusiones relevantes. Por ejemplo, algunos estudios han demostrado una asociación entre tiempos prolongados de bomba y un mayor riesgo de complicaciones, como daño renal agudo o síndrome de respuesta inflamatoria sistémica. Otros estudios han explorado técnicas y estrategias para reducir la duración del tiempo de bomba y han sugerido que la optimización del manejo perioperatorio y la selección adecuada de pacientes pueden tener un impacto positivo.

Complicaciones asociadas con un tiempo prolongado de bomba:

Un tiempo prolongado de circulación extracorpórea puede estar relacionado con complicaciones significativas en el paciente. Entre ellas se encuentran sangrados y trastornos de la coagulación, hemólisis, inflamación sistémica, reacción alérgica o inflamatorias a materiales y drogas utilizadas (heparina, protamina, etc.), hemodilución y su consecuente anemia, alteraciones metabólicas, complicaciones neurológicas, disfunción pulmonar, renal o hepática (kirklin et al, 2012)

Es importante destacar que no todos los pacientes experimentarán estas complicaciones, y muchas de ellas se pueden gestionar y prevenir con cuidado y monitoreo adecuados durante y después de la cirugía (recuperación cardiovascular). La gestión de riesgos y la atención especializada son esenciales para minimizar el impacto de estas complicaciones potenciales.

Estrategias para reducir el tiempo de bomba:

Con el objetivo de reducir el tiempo de bomba de circulación extracorpórea sin comprometer la seguridad y la efectividad de la cirugía cardíaca, se han propuesto diversas estrategias. Estas incluyen el uso de dispositivos de asistencia circulatoria que minimizan la necesidad de la perfusión prolongada, el desarrollo de técnicas quirúrgicas más eficientes y menos invasivas, así como la optimización del manejo del paciente en el período perioperatorio.

La situación ideal sería no requerir de la CEC, lo cual solo se ha logrado en algunos tipos específicos de cirugía como la Cirugía de revascularización miocárdica (CRM) popularizada como bypass, que se realizan a corazón latiendo por equipos quirúrgicos entrenados, y procedimientos de hemodinamia que son sugeridos a pacientes que por su riesgo no podrán afrontar una cirugía cardíaca, por ejemplo TAVI ("Implante Transcatéter de Válvula Aórtica" o "Transcatheter Aortic Valve Implantation" en inglés que es la opción a la cirugía de reemplazo valvular aórtico, siendo esta última al momento considerada "Gold Standard".

4. Justificación del estudio

Esta investigación se lleva a cabo para abordar la necesidad crítica de respaldar la toma de decisiones durante las cirugías cardíacas que involucran el uso de una bomba de circulación extracorpórea (BCEC). Se ubica en relación con otras investigaciones en el campo de la cirugía cardíaca con BCEC, las cuales han aportado conocimiento sobre las alteraciones fisiopatológicas de la CEC. Sin embargo el presente proyecto se basa en la toma de decisión intraoperatoria que al momento no ha sido abordada por otros trabajos de investigación.

En relación con otros autores, esta investigación busca llenar varios blancos identificados en estudios previos:

Limitaciones de los Puntajes de Riesgo Globales: A diferencia de los puntajes de riesgo globales convencionales, este estudio se centra en desarrollar un modelo de clasificación específico para el periodo intraoperatorio de las cirugías cardíacas. Esto aborda la limitación de los puntajes globales al proporcionar predicciones más detalladas y precisas para respaldar decisiones en tiempo real durante la cirugía.

Necesidad de Decisiones Personalizadas: La investigación reconoce la importancia de la toma de decisiones personalizadas en cirugías cardíacas. Busca llenar el vacío al identificar datos esenciales y utilizar técnicas de aprendizaje automático para proporcionar recomendaciones más precisas y específicas que ayuden a los cirujanos a adaptar sus enfoques quirúrgicos en función de las características únicas de cada paciente.

Potencial Impacto en la Mejora de Resultados: Al desarrollar un modelo de clasificación efectivo y específico, este estudio aspira a mejorar los resultados y la seguridad del paciente durante las cirugías cardíacas. Esto representa una contribución significativa al campo al proporcionar una herramienta práctica para los profesionales de la salud que puede resultar en mejores resultados clínicos.

Aprovechamiento de la Tecnología de Aprendizaje Automático: Esta investigación utiliza técnicas de aprendizaje automático para abordar desafíos médicos complejos, lo que amplía la frontera de cómo se pueden aplicar estas tecnologías en el contexto de la cirugía cardíaca. Esto contribuye al conocimiento existente al demostrar el potencial de estas técnicas incluso en situaciones de datos limitados.

En resumen, este estudio aporta nuevos conocimientos al campo al proporcionar un modelo de clasificación específico que aborda las limitaciones de los puntajes de riesgo globales, respalda la toma de decisiones personalizadas y tiene el potencial de mejorar los resultados en cirugías cardíacas con BCEC. Su enfoque en el periodo intraoperatorio y la aplicación de tecnologías de aprendizaje automático representan contribuciones originales que avanza en la comprensión y la práctica en este ámbito crítico de la medicina.

5. Alcances del trabajo y limitaciones

Alcance del Trabajo:

El alcance principal de este trabajo se centra en la identificación de datos esenciales que puedan contribuir a la clasificación adecuada de pacientes sometidos a cirugía cardíaca con el uso de una bomba de circulación extracorpórea (BCEC). Se pretende analizar y seleccionar las variables clínico-quirúrgicas y de exámenes complementarios que tienen un alto poder predictivo en la toma de decisiones médicas durante el procedimiento.

Se desarrollará un modelo de clasificación utilizando técnicas de machine learning con el conjunto de datos disponible, que consta de 1000 registros. El objetivo es crear un clasificador que pueda ayudar a los cirujanos a tomar decisiones informadas durante la cirugía, como la elección de utilizar un balón de contrapulsación o ajustar la técnica quirúrgica en función de la situación clínica del paciente.

Con los datos que se dispone se generará una nueva variable= $\text{dif} = (\text{tiempo de bomba} - \text{tiempo de clampeo})$ que podría corresponder a un indicador del status cardíaco del paciente, representando la dificultad en la salida de bomba y siendo un factor determinante en el tiempo total de circulación extracorpórea.

Aunque algunos autores como Murphy, G. J. sostienen que *... "es en gran medida imposible, al revisar estos datos, separar los efectos del paro cardiopléjico y del clampeo aórtico de los de la CPB. La contribución de la isquemia/reperfusión del miocardio a la respuesta inflamatoria sistémica y a la disfunción de órganos más amplia es desconocida y requiere una mayor evaluación en ensayos clínicos" ...*

Se tomarán como variables a analizar edad, sexo, tipo de cirugía, cantidad de Bypass, tiempo de bomba, tiempo

de clampeo y FEY (fracción de eyección del ventrículo izquierdo) como medida de la funcionalidad cardíaca del paciente previo al acto quirúrgico.

Se llevará a cabo una evaluación exhaustiva del modelo utilizando técnicas de validación cruzada y métricas de rendimiento pertinentes. Se buscará alcanzar un alto nivel de precisión y sensibilidad en la clasificación de pacientes.

Limitaciones:

Tamaño Limitado del Conjunto de Datos: La principal limitación de este proyecto es el tamaño limitado de la base de datos, que consta de solo 1000 registros. Esto puede afectar la capacidad del modelo para generalizar a nuevas situaciones clínicas. Se deben implementar estrategias de mitigación del sobreajuste y la incertidumbre.

Disponibilidad de Datos Incompletos: No se tienen otras variables, que si están presentes en los scores de relevancia utilizados clásicamente en este tipo de cirugías, como datos de laboratorio, patologías preexistentes, etc. que podrían influir en la función cardíaca del paciente sometido a este tipo de cirugías, lo cual podría ser una limitación al estudio.

Limitaciones en la Generalización: Debido a la especificidad del problema y la falta de datos específicos sobre el intraoperatorio, el modelo puede tener dificultades para generalizar completamente a diferentes entornos clínicos o procedimientos quirúrgicos.

Validación Clínica Requerida: Aunque se desarrollará un modelo de clasificación, cualquier decisión médica basada en las predicciones del modelo debe ser validada clínicamente por profesionales de la salud antes de su implementación en situaciones reales.

Cambios en la Práctica Médica: Las decisiones médicas y las técnicas quirúrgicas pueden evolucionar con el tiempo. Este trabajo se basará en datos históricos y puede no reflejar necesariamente las prácticas actuales o futuras en cirugía cardíaca.

6. Hipótesis

Los pacientes sometidos a cirugía cardíaca con circulación extracorpórea pueden ser clasificados previos al acto quirúrgico para prever la necesidad de dispositivos de asistencia ventricular o modificación de la estrategia quirúrgica por otras que insuman menor tiempo de CEC.

7. Objetivos

OBJETIVO GENERAL:

El objetivo general de este trabajo es desarrollar un modelo de clasificación para pacientes sometidos a cirugía cardíaca con bomba de circulación extracorpórea, con el propósito de prever la necesidad de dispositivos de asistencia ventricular o modificar la estrategia quirúrgica para reducir los tiempos de circulación extracorpórea.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Evaluar la necesidad de un nuevo clasificador que se enfoque específicamente en los tiempos de circulación extracorpórea y que pueda complementar o mejorar los scores de riesgo quirúrgico existentes.

Diseñar y desarrollar un nuevo clasificador basado en la variable "dif (tiempo de bomba - tiempo de clampeo)" y otras variables relevantes, como edad, sexo, tipo de cirugía y número de Bypass, para clasificar a los pacientes en categorías que reflejen su estado cardíaco y su potencial necesidad de dispositivos de asistencia ventricular.

Realizar un análisis estadístico de los datos disponibles para determinar la eficacia y precisión del nuevo clasificador propuesto.

Evaluar la capacidad del nuevo clasificador para prever la necesidad de dispositivos de asistencia ventricular o modificar la estrategia quirúrgica con el objetivo de reducir los tiempos de circulación extracorpórea y, potencialmente, mejorar los resultados postoperatorios y reducir la morbilidad.

Discutir los resultados y conclusiones del estudio, así como las implicaciones clínicas del nuevo clasificador propuesto, destacando su relevancia en la toma de decisiones médicas y su posible aplicación en la práctica clínica.

8. Metodología

La metodología propuesta para llevar a cabo la investigación sobre el nuevo clasificador para pacientes sometidos a cirugía cardíaca con bomba de circulación extracorpórea se detalla a continuación:

Recolección de datos:

Se obtendrán datos retrospectivos de pacientes sometidos a cirugía cardíaca con bomba de circulación extracorpórea entre los años enero del 2018 y junio del 2023. Los datos incluyen información relevante sobre edad, sexo, tipo de cirugía, número de Bypass, tiempo de bomba y tiempo de clampeo.

Variables

sexo: variable cualitativa dicotómica (independiente).

edad: variable cuantitativa discreta (independiente).

tipo de cirugía: variable cualitativa nominal politómica (independiente). Establece los tipos de cirugía con CEC más frecuentes en un servicio de cirugía cardíaca (CRM cirugía de revascularización miocárdica, CRVAo cirugía de reemplazo valvular Aórtico, CRVM cirugía de reemplazo valvular Mitral, CRVAo+CRVM doble valvular, Combinados CRVAo/CRVM + CRM, reemplazo de aorta ascendente RAA)

Nº de Bypass: variable cuantitativa discreta (independiente). En CRM el número de bypass prolonga el tiempo de bomba.

tiempo de bomba: variable cuantitativa discreta (dependiente). Tiempo desde el inicio de circulación extracorpórea hasta la salida de bomba.

tiempo de clampeo: variable cuantitativa discreta (dependiente). tiempo dentro de la CEC que insume el clampeo aórtico, parada cardíaca, tipo de cirugía, cierre de heridas cardíacas, llenado, venteo (purgado del corazón) hasta el desclampeo.

Creación de la variable "dif (tiempo de bomba - tiempo de clampeo)":

Se calculará esta nueva variable restando al tiempo total de bomba el tiempo que insume el clampeo. Esta variable podría representar un indicador del status cardíaco del paciente y será un factor determinante en el tiempo total de circulación extracorpórea.

Análisis exploratorio de datos:

Se realizará un análisis descriptivo de los datos recolectados para identificar posibles valores atípicos, distribuciones y tendencias en las variables.

División de la muestra:

La muestra se dividirá aleatoriamente en dos grupos: un grupo de entrenamiento y un grupo de prueba. El grupo de entrenamiento se utilizará para desarrollar y ajustar el modelo del nuevo clasificador, mientras que el grupo de prueba se utilizará para evaluar su rendimiento y validez.

Desarrollo del nuevo clasificador:

Se utilizarán técnicas de aprendizaje automático y/o estadísticas para desarrollar el nuevo clasificador basado en la variable "dif (tiempo de bomba - tiempo de clampeo)" y otras variables relevantes. Se evaluarán diferentes modelos y algoritmos para seleccionar el que presente el mejor rendimiento y precisión.

Validación del clasificador:

Se aplicará el clasificador desarrollado al grupo de prueba para evaluar su capacidad para clasificar a los pacientes y prever la necesidad de dispositivos de asistencia ventricular o modificar la estrategia quirúrgica para reducir los tiempos de circulación extracorpórea. Se medirá la precisión, sensibilidad, especificidad y otras métricas para evaluar el rendimiento del clasificador.

Análisis estadístico:

Se realizará un análisis estadístico detallado de los resultados obtenidos para respaldar las conclusiones y discusiones de la investigación.

Discusión e interpretación de resultados:

Se discutirán los resultados obtenidos y sus implicaciones clínicas. Se evaluará la relevancia del nuevo clasificador propuesto y su posible aplicación en la práctica médica.

Conclusiones y recomendaciones:

Se presentarán las conclusiones del estudio, resaltando los hallazgos más importantes. Se propondrán recomendaciones para futuras investigaciones y mejoras en el clasificador.

Técnicas

Se utilizará técnicas de clasificación supervisada: Regresión Logística, Árboles de Decisión, Máquinas de Vectores de Soporte (SVM) o Redes Neuronales.

En caso de ser necesario, dada la cantidad de registros, aproximadamente 1000, se considerará el uso de técnicas de regularización para ayudar a prevenir el sobreajuste.

También se tendrá en cuenta la generación de datos sintéticos por técnicas de simulación para generar datos sintéticos adicionales que sean coherentes con las características y distribuciones de los datos reales. Esto podría permitir aumentar el tamaño de tu conjunto de datos y, en consecuencia, entrenar modelos más complejos.

Herramientas

Se utilizarán los siguientes programas:

PG Admin4, Versión 6.10, 2021.

R Studio , versión 4.2.2, 2022. se utilizarán paquetes como: caret, ramsomForest, xgboost, glmnet, e1071, nnet, keras, C50, ROCR, rpart.

Python, versión 3.10.9, 2023. se utilizarán paquetes como: sklearn, TensorFlow, Keras, PyTorch, XGBoost, LightGBM, Pandas, Numpy, Matplotlib.

9. Referencias-Bibliografía

Baufreton, C., Corbeau, J. J., & Pinaud, F. (2006). Réponse inflammatoire et perturbations hématologiques en chirurgie cardiaque : vers une circulation extracorporelle plus physiologique. In *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation* (Vol. 25, Issue 5, pp. 510–520). <https://doi.org/10.1016/j.annfar.2005.12.002>

Elahi, M. M., Khan, J. S., & Matata, B. M. (2006). Deleterious effects of cardiopulmonary bypass in coronary artery surgery and scientific interpretation of off-pump's logic. In *Acute Cardiac Care* (Vol. 8, Issue 4, pp. 196–209). <https://doi.org/10.1080/17482940600981730>

Esper, S. A., Subramaniam, K., & Tanaka, K. A. (2014). Pathophysiology of cardiopulmonary bypass: Current strategies for the prevention and treatment of anemia, coagulopathy, and organ dysfunction. In *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* (Vol. 18, Issue 2, pp. 161–176). SAGE Publications Inc. <https://doi.org/10.1177/1089253214532375>

Kirklin, J. W., & Barratt-Boyes, B. G. (2012). Kirklin/Barratt-Boyes Cardiac Surgery (4th ed.). Elsevier Health. Capítulo 2, páginas 67-132.

Levy, J. H., & Tanaka, K. A. (2003). Inflammatory Response to Cardiopulmonary Bypass. In *Ann Thorac Surg* (Vol. 75). [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(02\)04701-x](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(02)04701-x)

Murphy, G. J., & Angelini, G. D. (2004). *Side Effects of Cardiopulmonary Bypass: What Is the Reality?*. In *Bristol Heart Institute, University of Bristol, Bristol, United Kingdom*. <https://doi.org/10.1111/j.0886-0440.2004.04101.x>

The Society of Thoracic Surgeons. STS Short-term / Operative Risk Calculator. Adult Cardiac Surgery Database - All Procedures. [URL: <https://acsdriskcalc.research.sts.org/>]

Home euroscore scoring calculator references. Interactive calculator. [URL: <http://51.178.225.9/calc.html>]