UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA

Facultad de MEDICINA

Cambios en la presión arterial media y frecuencia cardiaca posteriores a la administración de sulfato de magnesio endovenoso en pacientes sometidos a anestesia general para cirugías electivas en el Hospital Nacional Cayetano Heredia durante el periodo junio a diciembre de 2025

Changes in mean arterial pressure and heart rate following intravenous magnesium sulfate administration in patients undergoing general anesthesia for elective surgeries at Cayetano Heredia National Hospital during the period of June to December 2025

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN ANESTESIOLOGÍA

AUTOR

KHATERYN YANINA AQUINO PARI

ASESOR

CESAR JORGE MIRANDA HURTADO

LIMA – PERÚ

2026

UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los egresados:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	AQUINO PARI KHATERYN YANINA

Pertenecientes al programa de **SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN ANESTESIOLOGÍA,** autor del proyecto de investigación titulado:**Cambios en la presión arterial media y frecuencia cardiaca posteriores a la administración de sulfato de magnesio endovenoso en pacientes sometidos a anestesia general para cirugías electivas en el Hospital Nacional Cayetano Heredia durante el periodo junio a diciembre de 2025**, el cual ha sido elaborado y aprobado, para optar por el **TITULO DE SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN ANESTESIOLOGÍA**, bajo la modalidad de **Proyecto de investigación.**

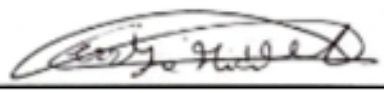
En calidad de docente (s) asesor (es) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	MIRANDA HURTADO CESAR JORGE	MEDICINA	ASESOR

Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de **19%**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: 3706510469; fecha de entrega: **09-11-2026**.
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: **Lima, 13 de noviembre del 2026**



Firma del asesor
N° DNI: 44851041
ORCID: 0000-0002-7796-3011

2. RESUMEN

La inestabilidad hemodinámica durante la inducción de la anestesia general constituye un fenómeno frecuente y clínicamente relevante, debido a que las variaciones de la presión arterial y la frecuencia cardiaca pueden comprometer la estabilidad cardiovascular del paciente. El sulfato de magnesio ($MgSO_4$) es utilizado como coadyuvante durante la inducción anestésica, la respuesta hemodinámica posterior a su administración puede variar según la dosis, velocidad de administración y características clínicas y anestésicas del paciente. El presente estudio tiene como objetivo describir los cambios en la presión arterial media y la frecuencia cardiaca durante los primeros 15 minutos posteriores a la administración de sulfato de magnesio endovenoso en pacientes sometidos a anestesia general para cirugías electivas. Se realizará un estudio observacional, longitudinal, retrospectivo y analítico. Asimismo, se analizarán las variaciones de la presión arterial media según la dosis y velocidad de administración del sulfato de magnesio y los factores clínicos y anestésicos asociados con la aparición de hipotensión o bradicardia. Los datos serán registrados en una ficha de recolección y posteriormente procesados mediante el software de análisis estadístico IBM SPSS Statistics 30.0. Para el desenlace principal se calculará ΔPAM T1, T2 y T3 respecto de T0 y se compararán las mediciones repetidas mediante ANOVA de medidas repetidas o Friedman. La incidencia de hipotensión y bradicardia se expresará con IC95% mediante Wilson. Los resultados aportarán evidencia local sobre los cambios hemodinámicos asociados a la administración de $MgSO_4$ durante la inducción, como base para el desarrollo de un protocolo institucional que mejore la seguridad perioperatoria.

Palabras claves: Sulfato de Magnesio, Hemodinámica, Anestesia general

3. INTRODUCCIÓN

La inestabilidad hemodinámica durante la inducción de la anestesia general constituye un problema clínico relevante, porque las variaciones de la presión arterial y la frecuencia cardiaca pueden comprometer la perfusión tisular y asociarse con complicaciones perioperatorias. La hipotensión durante la inducción puede relacionarse con el agente inductor, los opioides, el estado de volumen y las características clínicas del paciente, mientras que la bradicardia puede aparecer por interacción farmacológica y modificaciones del tono autonómico (1–8). La literatura utiliza distintos criterios de hipotensión, como presión arterial sistólica inferior a 90 mmHg o reducción ≥20 % respecto al valor basal de la presión arterial sistólica (PAS) y la presión arterial media (PAM) es la presión promedio que impulsa la sangre hacia los órganos durante el ciclo cardiaco y se utiliza como indicador de la presión de perfusión tisular. Depende del gasto cardiaco y de la resistencia vascular sistémica, por lo que se modifica con fármacos que producen vasodilatación o depresión miocárdica. Se obtiene preferentemente del monitor; cuando no está registrada, se estima como PAM = (PAS + 2 × PAD) / 3, aproximación que pondera la diástole por su mayor duración. Valores de PAM inferiores a 60 mmHg se consideran indicativos de hipotensión y riesgo de hipoperfusión (9–11) . La bradicardia se define clásicamente como una FC <60 lpm. La guía ACC/AHA/HRS 2018 utiliza una frecuencia sinusal <50 lpm en su definición de bradicardia sinusal, en el contexto de la disfunción del nodo sinusal con síntomas, sin que ese umbral constituya por sí solo una categoría de gravedad. En este estudio, la bradicardia se definirá operacionalmente como una FC <50 lpm en cualquier medición durante los primeros 15 minutos posteriores al inicio de la

administración de $MgSO_4$. Las reducciones relativas respecto del basal se analizarán como variación de la FC (ΔFC) y no como bradicardia (4,12).

Los cambios de la inducción deben distinguirse de los asociados con la laringoscopia y la intubación endotraqueal. Los agentes inductores pueden reducir la presión arterial y, en ocasiones la FC; la estimulación de la vía aérea puede provocar una respuesta simpática transitoria que eleve ambos parámetros. En consecuencia, se deben registrar valores basales y mediciones posteriores en momentos definidos, considerando la secuencia de los medicamentos y las maniobras anestésicas (13,14).

El sulfato de magnesio ($MgSO_4$) se emplea como coadyuvante anestésico por sus propiedades analgésicas y su participación en la modulación de la respuesta al estrés. Actúa, entre otros mecanismos, mediante la modulación de los canales de calcio y el antagonismo no competitivo de los receptores N-metil-D-aspartato. Estas acciones pueden influir en la transmisión nociceptiva, la respuesta simpática y las necesidades de fármacos anestésicos. Sus efectos cardiovasculares varían según la dosis, la velocidad de administración, la condición del paciente y los medicamentos concomitantes (5,7,8,13–18).

Los diversos estudios que se describen como antecedentes, evaluaron dosis de 15 mg/kg/h a 50 mg/kg, con duraciones desde 15 minutos hasta 24 horas, en poblaciones distintas (adultos mayores en sedación, hipertensos, cirugía cardiaca y colecistectomía laparoscópica) y con grupo control en todos los casos. También difieren los momentos evaluados: desde la respuesta a la intubación hasta el mantenimiento intraoperatorio. Los más cercanos a este proyecto son Chen, por sus

desenlaces de PAM y FC tras una infusión de 15 minutos, y Alhrare, por incluir pacientes ASA I–II en anestesia general electiva; Nandal y Hanif se centran en hipertensos y en la respuesta a la laringoscopia, y Soliman es el menos extrapolable. Ninguno describe la PAM y la FC durante los 15 minutos posteriores al inicio de la administración en pacientes ASA I–II, lo que sustenta la brecha de este estudio (7,13–16)

Los antecedentes incluyen dosis de 30, 40 y 50 mg/kg, además de infusiones continuas, en poblaciones sometidas a procedimientos endoscópicos, cirugía cardiaca y cirugía laparoscópica, así como pacientes con hipertensión. Los estudios difieren en duración de administración, medicamentos concomitantes, desenlaces y momentos de medición. Algunos analizan la respuesta a la laringoscopia y la intubación, mientras que otros estudian periodos intraoperatorios más extensos. Por ello, sus resultados no son directamente equivalentes y deben interpretarse según la población, el esquema farmacológico y el momento evaluado (6,8,14–16).

La evidencia disponible muestra resultados variables sobre el comportamiento hemodinámico posterior a la administración de $MgSO_4$. Los estudios han evaluado diferentes dosis, velocidades de administración, agentes inductores, opioides y momentos de medición; algunos describen modificaciones de la presión arterial y frecuencia cardiaca, mientras otros reportan cambios sin diferencias estadísticamente significativas. También se ha observado atenuación de la respuesta presora durante laringoscopia e intubación con determinadas dosis, lo que evidencia que la respuesta depende del contexto anestésico y del momento evaluado (9–11,18–21).

Estudios asocian la hipotensión intraoperatoria con mayor riesgo de lesión renal aguda, un aumento de más de tres veces en las probabilidades de infarto de miocardio, eventos cerebrovasculares y mayor mortalidad en cirugía no cardíaca. La bradicardia, por su parte, se asocia con hipotensión y en casos graves puede progresar hacia ritmos de paro cardíaco (9–11).

En la guía conjunta sobre manejo cardiovascular perioperatorio en cirugía no cardíaca enfatiza la necesidad de evitar las fluctuaciones bruscas de la presión arterial durante todo el período perioperatorio (2). Por lo que las consecuencias clínicas de estos cambios son significativas.

En el Hospital Nacional Cayetano Heredia, el $MgSO_4$ se emplea como coadyuvante durante la inducción anestésica; sin embargo, no se dispone de información local suficiente que describa de forma estandarizada los cambios de la presión arterial media y frecuencia cardiaca durante los primeros 15 minutos posteriores a su administración. Esta brecha justifica el presente estudio, cuyo propósito es describir dichos cambios y caracterizar la aparición de hipotensión, bradicardia y su manejo, sin atribuir causalidad exclusiva al medicamento por tratarse de un estudio retrospectivo de un solo grupo. Los hallazgos podrán servir como referencia para futuras investigaciones y contribuir a la discusión institucional sobre el seguimiento de los parámetros cardiovasculares durante la anestesia, manteniendo una interpretación prudente de los resultados y de sus posibles aplicaciones clínicas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los cambios en la presión arterial media y la frecuencia cardiaca durante los primeros 15 minutos posteriores a la administración de sulfato de magnesio endovenoso en pacientes sometidos a anestesia general para cirugías

electivas en el Hospital Nacional Cayetano Heredia durante el periodo junio–diciembre de 2025?

4. OBJETIVOS

Objetivo General

- Describir los cambios en la presión arterial media y la frecuencia cardiaca durante los primeros 15 minutos posteriores a la administración de sulfato de magnesio endovenoso en pacientes de 18 a 60 años con Asa I – II sometidos a anestesia general para cirugías electivas en el Hospital Nacional Cayetano Heredia durante el periodo junio–diciembre de 2025.

Objetivos Específicos

1. Describir las características epidemiológicas y clínicas de los pacientes.
2. Describir los valores de presión arterial sistólica, presión arterial diastólica y presión arterial media, así como la frecuencia cardiaca, en los momentos de medición establecidos (T0, T1, T2 y T3).
3. Estimar la incidencia de hipotensión arterial y bradicardia durante los primeros 15 minutos posteriores a la administración de sulfato de magnesio endovenoso, con sus respectivos intervalos de confianza del 95 %.
4. Comparar los cambios en la presión arterial media según la dosis y la velocidad de administración del sulfato de magnesio endovenoso.
5. Describir las intervenciones farmacológicas utilizadas, en los episodios de inestabilidad hemodinámica registrados durante el periodo de observación como análisis exploratorio.

5. MATERIAL Y MÉTODO

a) Diseño del estudio: Estudio cuantitativo, observacional, longitudinal, retrospectivo y analítico.

b) Población: Pacientes de 18 a 60 años sometidos a cirugía electiva bajo anestesia general y que recibieron $MgSO_4$ endovenoso durante la inducción en el Hospital Nacional Cayetano Heredia entre junio y diciembre de 2025. La información se obtendrá retrospectivamente de historias clínicas, evaluaciones preanestésicas y hojas de anestesia.

Criterios de inclusión:

- Pacientes de 18 a 60 años.
- Pacientes sometidos a cirugía electiva.
- Pacientes clasificados como ASA I o ASA II según la evaluación preanestésica registrada.
- Pacientes sometidos a anestesia general balanceada o anestesia general total intravenosa.
- Pacientes con administración documentada de sulfato de magnesio endovenoso durante la inducción anestésica.
- Pacientes cuya hoja de anestesia registre la dosis y el tiempo de administración del sulfato de magnesio.
- Pacientes con registros de presión arterial sistólica, presión arterial diastólica, presión arterial media y frecuencia cardiaca correspondientes a los momentos de medición establecidos.

Criterios de exclusión:

- Pacientes gestantes.
- Pacientes con comorbilidades cardiacas relevantes, tales como valvulopatías, fibrilación auricular, enfermedad coronaria o insuficiencia cardiaca.
- Pacientes sometidos a cirugía de emergencia.
- Pacientes con hipotensión arterial basal previa al inicio de la administración de sulfato de magnesio, definida como PAS <90 mmHg o PAM <60 mmHg.
- Pacientes con uso de vasopresores o inotrópicos en las 24 horas previas al procedimiento.
- Historias clínicas u hojas de anestesia con información incompleta y/o ilegible.

c) Muestra:

La muestra estará conformada por los pacientes que cumplan con los criterios de inclusión y exclusión.

Unidad de análisis: El paciente de 18 a 60 años sometido a anestesia general para cirugía electiva que haya recibido sulfato de magnesio durante la inducción anestésica y cumpla los criterios de selección.

Unidad de muestreo: Cada paciente elegible identificado mediante la revisión de la historia clínica y la hoja de anestesia correspondientes al periodo de estudio.

Fuentes de información: historia clínica, evaluación preanestésica y hoja de anestesia.

Cálculo del tamaño de muestra

El tamaño de muestra se calculará considerando como desenlace principal la variación de la presión arterial media (PAM) en cuatro momentos de evaluación: T0 (basal), T1 (5 minutos), T2 (10 minutos) y T3 (15 minutos) posteriores al inicio de la administración de sulfato de magnesio endovenoso. Debido a que las mediciones se realizarán en los mismos pacientes, se utilizará un análisis de varianza de medidas repetidas de un factor intra-sujeto (ANOVA de medidas repetidas). El cálculo del tamaño muestral se realizará mediante el programa G*Power, versión 3.1.9.7, utilizando la prueba F y el procedimiento ANOVA: Repeated measures, within factors. Se establecerá un nivel de significancia de 0,05, una potencia estadística del 80 %, cuatro mediciones por participante, una correlación esperada de 0,50 entre las mediciones y una corrección por esfericidad de $\varepsilon = 1{,}00$. El tamaño del efecto se definirá con base en la evidencia científica disponible y los supuestos metodológicos del estudio. Una vez ejecutado el cálculo en G*Power, se consignará el número mínimo de participantes requerido según los parámetros seleccionados. Adicionalmente, se incrementará el tamaño calculado en un 10 % para compensar posibles registros incompletos, ilegibles o que no cumplan los criterios de evaluación. El número final de historias clínicas que se revisará se determinará a partir del tamaño muestral calculado y del ajuste por posibles pérdidas de información.

La selección de los participantes se realizará mediante muestreo no probabilístico consecutivo, incluyendo las historias clínicas de los pacientes que cumplan los criterios de inclusión y exclusión hasta alcanzar el número establecido. El procedimiento y los resultados del cálculo se presentarán en el (Anexo 1).

Parámetros considerados:

- Nivel de significancia (α): 0,05.
- Potencia estadística: 80 %.
- Número de mediciones: 4.
- Momentos de evaluación: T0, T1, T2 y T3.
- Desenlace principal: variación de la presión arterial media (PAM).
- Diseño: medidas repetidas en un solo grupo.
- Tamaño muestral planificado: 60 pacientes.
- Tipo de muestreo: no probabilístico consecutivo.

Tamaño de muestra:

Se determinará según el desenlace principal de variación de PAM en mediciones repetidas, considerando tamaño del efecto, variabilidad, correlación entre mediciones, significancia y potencia. (Anexo 1).

Tipo de muestreo: No probabilístico consecutivo; se incluirán los pacientes elegibles en forma consecutiva hasta completar el tamaño muestral requerido.

d) Técnica e instrumentos

La técnica será la revisión documental retrospectiva de historias clínicas, evaluaciones preanestésicas y hojas de anestesia. Se utilizará la ficha de recolección del (Anexo 4), alineada con la operacionalización, para registrar variables clínicas, anestésicas, dosis y tiempos de administración de $MgSO_4$, parámetros hemodinámicos y eventos de inestabilidad. Como instrumento se utilizará una ficha

de recolección de datos elaborada para el presente estudio (Anexo 4), en la cual se registrarán las variables clínicas, anestésicas y hemodinámicas definidas en la matriz de operacionalización de variables.

La ficha permitirá registrar los datos sociodemográficos y clínicos del paciente, clasificación ASA, presión arterial basal, antecedentes de hipertensión arterial y uso de antihipertensivos, tipo de anestesia, agente y dosis de inducción, uso y dosis de opioides, fluidoterapia, dosis total de sulfato de magnesio, dosis ajustada al peso, velocidad y tiempo de administración, así como los valores de presión arterial sistólica, presión arterial diastólica, presión arterial media y frecuencia cardiaca en los momentos T0, T1, T2 y T3.

Asimismo, se registrará la presencia de hipotensión arterial o bradicardia, el manejo farmacológico utilizado, el fármaco administrado y el desenlace del episodio de inestabilidad hemodinámica. La ficha de recolección de datos reproducirá las categorías, códigos, unidades de medida y momentos de medición establecidos en la matriz de operacionalización de variables.

e) Procedimientos

Previa autorización institucional, se identificarán los pacientes elegibles del periodo junio–diciembre de 2025 y se revisarán sus historias clínicas, evaluaciones preanestésicas y hojas de anestesia. Se verificará el cumplimiento de los criterios de selección y se extraerán las variables clínicas, anestésicas y de administración de $MgSO_4$, así como PAS, PAD, PAM y FC en T0, T1, T2 y T3. También se registrarán los tiempos disponibles de administración, inducción y laringoscopia/intubación, la presencia de hipotensión o bradicardia, el manejo

farmacológico y el desenlace. Los datos se consignarán en la ficha, se verificarán inconsistencias y datos faltantes y se digitarán en Microsoft Excel 2024 para su depuración y posterior procesamiento en IBM SPSS Statistics 30.0.

f) Momentos de medición

La evaluación de las variables hemodinámicas se realizará en cuatro momentos: T0 (basal), T1 (5 minutos), T2 (10 minutos) y T3 (15 minutos). Para cada paciente se registrarán los valores de presión arterial sistólica (PAS), presión arterial diastólica (PAD), presión arterial media (PAM) y frecuencia cardiaca (FC), de acuerdo con la información consignada en la hoja de anestesia (ANEXO 3).

T0 (medición basal): corresponderá al último registro de PAS, PAD, PAM y FC realizado antes del inicio de la administración de sulfato de magnesio endovenoso. Se registrará la hora del valor basal y la hora real de inicio de la administración del fármaco.

T1 (5 minutos), T2 (10 minutos) y T3 (15 minutos): corresponderá al registro hemodinámico más cercano a los 5 minutos, 10 minutos y 15 minutos posteriores al inicio de la administración de sulfato de magnesio.

Para establecer los momentos de evaluación, se utilizarán las siguientes ventanas temporales de aceptación, calculadas a partir de la hora real de inicio de la administración del sulfato de magnesio:

- T0: último registro disponible dentro de los 5 minutos anteriores al inicio de la administración, sin aceptar mediciones posteriores al inicio.
- T1: entre 3 y 7 minutos posteriores al inicio.

- T2: entre 8 y 12 minutos posteriores al inicio.
- T3: entre 13 y 17 minutos posteriores al inicio.

Estas ventanas se utilizarán como criterios operacionales para seleccionar los registros de la hoja de anestesia. Cuando existan varios registros dentro de una ventana, se seleccionará el más cercano al minuto objetivo correspondiente. Cada registro se asignará a un solo momento de medición, sin reutilizar una misma medición para dos momentos diferentes

Para cada paciente se registrarán, cuando estén disponibles, las horas reales de inicio y finalización de la administración del sulfato de magnesio, así como las horas de administración del agente inductor y de realización de la laringoscopia e intubación. Esta información permitirá describir la secuencia temporal de los eventos anestésicos y contextualizar los cambios hemodinámicos observados.

Cuando no exista un registro dentro de la ventana temporal establecida para alguno de los momentos T0–T3, el valor correspondiente se consignará como dato faltante, sin estimarlo ni sustituirlo por una medición tomada fuera de la ventana. El caso se conservará para los análisis en los que disponga de información suficiente y se excluirá del análisis que requiera el momento faltante, según los criterios estadísticos definidos. Si no se dispone de T0 o de información suficiente para establecer la exposición, el paciente no podrá contribuir al análisis principal de variación respecto del valor basal.

La PAM se obtendrá preferentemente del valor registrado en la hoja de anestesia. Cuando no se encuentre consignada, pero se disponga de PAS y PAD correspondientes a la misma medición, se calculará mediante la siguiente fórmula:

Donde PAS corresponde a la presión arterial sistólica y PAD a la presión arterial diastólica, expresadas en mmHg. Esta fórmula constituye una estimación de la PAM y se aplicará de manera uniforme cuando sea necesario calcularla. No se combinarán valores de PAS y PAD procedentes de horarios diferentes.

Las variaciones de PAM se calcularán tomando como referencia el valor basal:

$$PAM = \frac{PAS + 2(PAD)}{3}$$

Los resultados se expresarán en mmHg. Los valores negativos indicarán una disminución respecto de la medición basal y los positivos, un incremento. De forma complementaria, podrá calcularse el cambio porcentual respecto de T0, siempre que el valor basal sea válido y esté disponible.

$$\Delta PAM_{T1} = PAM_{T1} - PAM_{T0}$$
$$\Delta PAM_{T2} = PAM_{T2} - PAM_{T0}$$
$$\Delta PAM_{T3} = PAM_{T3} - PAM_{T0}$$

g) Definición operacional de variables

El desenlace principal será la variación de la presión arterial media respecto del valor basal, expresada como diferencia absoluta entre la PAM registrada en T1, T2 y T3 y la PAM registrada en T0. Como desenlaces secundarios se considerarán las variaciones de PAS, PAD y FC, así como la presencia de episodios de hipotensión arterial y bradicardia, el manejo farmacológico administrado y la evolución documentada del episodio. Las variables relacionadas con la exposición serán la dosis total de sulfato de magnesio administrada, la dosis ajustada al peso cuando se

disponga del peso del paciente, la velocidad de administración y la duración de la infusión. Las covariables incluirán edad, sexo, índice de masa corporal (IMC), clasificación ASA, valores hemodinámicos basales, antecedentes de hipertensión arterial, uso de antihipertensivos, características de la anestesia, medicamentos concomitantes incluidos los opioides y agentes inductores, fluidoterapia y tiempos registrados entre la administración de sulfato de magnesio, la inducción anestésica y la laringoscopia e intubación. La definición conceptual y operacional de cada variable, su tipo, escala de medición, categorías, indicadores y códigos se presentarán en la matriz de operacionalización de variables (Anexo 2). Las variables no documentadas en la historia clínica se consignarán como datos faltantes, sin atribuirles valores por inferencia.

h) Aspectos éticos del estudio

El proyecto será presentado para aprobación ética e institucional antes de iniciar la ejecución. Será observacional y retrospectivo, sin intervención directa sobre los pacientes. La información será confidencial y cada participante será identificado mediante un código; los identificadores se mantendrán separados de la base analítica, cuyo acceso estará restringido a personas autorizadas y se almacenará en un dispositivo protegido. Se solicitará, cuando corresponda, la dispensa del consentimiento informado. La información será conservada y posteriormente eliminada de forma segura, conforme a las disposiciones institucionales y a los principios de la Declaración de Helsinki.

h) Plan de análisis estadístico

Los datos se procesarán con IBM SPSS Statistics 30.0. Las variables cuantitativas se describirán con media y desviación estándar o mediana y rango intercuartílico, según su distribución (Shapiro-Wilk); las cualitativas, con frecuencias y porcentajes.

El análisis principal comparará la PAM en los cuatro momentos (T0-T3) mediante ANOVA de medidas repetidas, verificando normalidad de residuos y esfericidad (Mauchly, con corrección de Greenhouse-Geisser); de no cumplirse, se usará Friedman. Ante diferencia global, T1, T2 y T3 se compararán con T0 con pruebas pareadas y ajuste de Holm (Wilcoxon tras Friedman). ΔPAM, ΔPAS, ΔPAD y ΔFC respecto de T0 se describirán como análisis complementario (t pareada o Wilcoxon).

La incidencia de hipotensión y bradicardia se estimará con IC 95 % (Wilson). La comparación según dosis y velocidad entre subgrupos independientes usará t de Student o U de Mann-Whitney; si se mantienen como variables continuas, se explorará un modelo longitudinal con tiempo y una sola medida de exposición, sin incluir juntas dosis total, dosis por peso, duración y velocidad, por estar relacionadas. La regresión logística binaria (OR e IC 95 %) se realizará solo si los eventos lo permiten, con pocas variables definidas previamente por justificación clínica; si son escasos, se limitará o descartará.

Los datos faltantes se describirán por variable y momento, sin imputar valores hemodinámicos; su efecto sobre el análisis principal se evaluará con un modelo longitudinal complementario. Se registrará la hora de todo tratamiento de rescate; las mediciones posteriores se identificarán y no se atribuirán solo al sulfato de magnesio. Significación: 0,05, bilateral.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Khan AI, Fischer M, Pedoto AC, Seier K, Tan KS, Dalbagni G, et al. The impact of fluid optimisation before induction of anaesthesia on hypotension after induction. Anaesthesia. 1 de mayo de 2020;75(5):634-41. doi:10.1111/anae.14984 PubMed PMID: 32030734.

2. Thompson A, Fleischmann KE, Smilowitz NR, de las Fuentes L, Mukherjee D, Aggarwal NR, et al. 2024 AHA/ACC/ACS/ASNC/HRS/SCA/ SCCT/SCMR/SVM Guideline for Perioperative Cardiovascular Management for Noncardiac Surgery: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. Circulation. 5 de noviembre de 2024;150(19):e351-442. doi:10.1161/CIR.0000000000001285 PubMed PMID: 39316661.

3. Bogniotti LAC, Teivelis MP, Cardozo FAM, Caramelli B, Wolosker N, Puech-Leão P, et al. Hemodynamic depression after carotid surgery: Incidence, risk factors and outcomes. Clinics. 1 de enero de 2022;77. doi:10.1016/j.clinsp.2022.100090 PubMed PMID: 36088886.

4. Sidhu S, Marine JE. Evaluating and managing bradycardia. Trends in Cardiovascular Medicine. Elsevier Inc.; 2020. p. 265-72. doi:10.1016/j.tcm.2019.07.001 PubMed PMID: 31311698.

5. Duarte-Medrano G, Nuño-Lámbarri N, Cabal-Ruiz V, Minnuti-Palacios M, Dominguez-Franco A, Dominguez-Cherit JG. Magnesium sulfate: an essential adjuvant in anesthesiology. Revista Chilena de Anestesia. 1 de septiembre de 2024;53(5):488-94. doi:10.25237/revchilanestv53n5-08

6. Rodríguez-Rubio L, Nava E, del Pozo JSG, Jordán J. Influence of the perioperative administration of magnesium sulfate on the total dose of anesthetics during general anesthesia. A systematic review and meta-analysis. Journal of Clinical Anesthesia. Elsevier Inc.; 2017. p. 129-38. doi:10.1016/j.jclinane.2017.03.038 PubMed PMID: 28494889.

7. Chen J, Qian K, Liu C hong, Li X li, Chen Y, Wang J quan. Effects of intravenous administration of magnesium sulfate in propofol-based sedation for ERCP in elderly patients: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. BMC Geriatr. 1 de diciembre de 2023;23(1). doi:10.1186/s12877-023-04107-6 PubMed PMID: 37420201.

8. Parul Jain, Aakansha Bikrol, Arora KK, Mohan Nema. Effect of single bolus dose of intravenous magnesium sulfate in attenuating hemodynamic stress response to laryngoscopy and nasotracheal intubation in maxillofacial surgeries. Asian J Med Sci. 1 de agosto de 2022;13(8):40-6. doi:10.3126/ajms.v13i8.44287

9. Gregory A, Stapelfeldt WH, Khanna AK, Smischney NJ, Boero IJ, Chen Q, et al. Intraoperative Hypotension Is Associated with Adverse Clinical Outcomes after Noncardiac Surgery. Anesth Analg. 1 de junio de

2021;132(6):1654-65. doi:10.1213/ANE.0000000000005250 PubMed PMID: 33177322.

10. Ni TT, Yao YY, Zhou XX, Lv T, Zou JC, Luo G, et al. Postinduction Hypotension and Adverse Outcomes in Older Adults Undergoing Transcatheter Aortic Valve Replacement: A Retrospective Cohort Study. Clin Interv Aging. 2024;19:1919-38. doi:10.2147/CIA.S487629 PubMed PMID: 39588059.

11. Wijnberge M, Schenk J, Bulle E, Vlaar AP, Maheshwari K, Hollmann MW, et al. Association of intraoperative hypotension with postoperative morbidity and mortality: systematic review and meta-analysis. BJS Open. Oxford University Press; 2021. doi:10.1093/bjsopen/zraa018 PubMed PMID: 33609377.

12. Kusumoto FM, Schoenfeld MH, Barrett C, Edgerton JR, Ellenbogen KA, Gold MR, et al. 2018 ACC/AHA/HRS Guideline on the Evaluation and Management of Patients With Bradycardia and Cardiac Conduction Delay: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society. Circulation. 20 de agosto de 2019;140(8):e382-482. doi:10.1161/CIR.0000000000000628 PubMed PMID: 30586772.

13. Soliman R, Abukhudair W. The perioperative effect of magnesium sulfate in patients with concentric left ventricular hypertrophy undergoing cardiac surgery: A double-blinded randomized study. Ann Card Anaesth. 1 de julio de 2019;22(3):246-53. doi:10.4103/aca.ACA_34_18 PubMed PMID: 31274484.

14. Hanif MR, Jafri SA, Ali L, Abbas S, Saqib U, Ahmed U. Efficacy of intravenous magnesium sulphate in attenuating hemodynamic response in hypertensive patients to laryngoscopy and endotracheal intubation. Pakistan Armed Forces Medical Journal. 1 de agosto de 2024;74(4):1084-7. doi:10.51253/pafmj.v74i4.6328

15. Nandal S, Chatrath V, Kaur H, Reeta R. Dose Response Study of Magnesium Sulphate for Attenuation of Haemodynamic Response to Intubation. J Evol Med Dent Sci. 29 de marzo de 2021;10(13):956-61. doi:10.14260/jemds/2021/206

16. Alhrare H, Bellael M, Taher B. Effect of Magnesium Sulfate on Intraoperative Hemodynamics, Anesthetic Consumption, and Postoperative Pain in Elective Laparoscopic Cholecystectomy. Alqalam Journal of Medical and Applied Sciences. 2025;8(2):846-51. doi:10.54361/ajmas.2582

17. Patel J, Labana N, Chauhan A, Berawala P. Comparison of the Two Doses (30 mg/kg versus 50 mg/kg) of Magnesium Sulphate in Attenuation of Haemodynamic Stress Response during Laryngoscopy and Tracheal Intubation: A Randomised Clinical Study. JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH. 1 de enero de 2026. doi:10.7860/jcdr/2026/82694.22244

18. Albrecht E, Kirkham KR, Liu SS, Brull R. Peri-operative intravenous administration of magnesium sulphate and postoperative pain: A meta-analysis. Anaesthesia. 2013. p. 79-90. doi:10.1111/j.1365-2044.2012.07335.x PubMed PMID: 23121612.

19. Zhang CQ, Liu DQ, Chen BY, Geng C, Tan YX, Zeng HM, et al. Esketamine attenuates hemodynamic oscillations during anesthesia induction in elderly gastrointestinal surgical patients: a randomized trial. BMC Anesthesiol. 1 de diciembre de 2025;25(1). doi:10.1186/s12871-025-03384-5 PubMed PMID: 41107725.

20. Wang J, Jiang L, Chen W, Wang Z, Miao C, Zhong J, et al. Effect of music on hemodynamic fluctuations in women during induction of general anesthesia: A prospective randomized controlled multicenter trial. Clinics. 1 de enero de 2024;79. doi:10.1016/j.clinsp.2024.100462 PubMed PMID: 39096860.

21. Sjøen GH, Falk RS, Hauge TH, Tønnessen TI, Langesæter E. Hemodynamic effects of a low versus a high dose of propofol during induction of anesthesia. A randomized trial. Acta Anaesthesiol Scand. 1 de octubre de 2023;67(9):1178-86. doi:10.1111/aas.14293 PubMed PMID: 37291731.

7. CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO

Actividad	Ago 2026	Sep 2026	Oct 2026	Nov 2026	Dic 2026	Ene 2027	Feb 2027
Revisión y recopilación bibliográfica	**X**						
Elaboración y presentación del protocolo		**X**					
Evaluación/aprobación ética e institucional			**X**	**X**			
Identificación de pacientes elegibles				**X**			
Revisión de HC y extracción de datos				**X**	**X**		
Control de calidad y depuración					**X**		
Análisis estadístico						**X**	
Redacción del informe final						**X**	**X**

Rubro	Descripción	Costo estimado (SOLES)
Recursos financieros		
Material de oficina e impresión	Papel bond A4, impresiones, fotocopias, lapiceros, materiales de escritorio, anillados e impresión del informe	S/ 205.00
Respaldo y almacenamiento	USB y disco externo para respaldo	S/ 60.00
Software estadístico	Licencia SPSS	S/ 250.00
Transporte y movilidad	Movilidad durante las actividades del proyecto	S/ 400.00
Acceso a artículos científicos	Acceso a repositorios y artículos científicos	S/ 50.00
Tramitación institucional y ética	Gestiones institucionales y éticas	S/ 100.00
	Recursos humanos	
Asesoría estadística	4 sesiones de asesoría estadística	S/ 320.00
TOTAL		**S/ 1,385.00**

8. ANEXOS

ANEXO 1. CÁLCULO DE TAMAÑO DE MUESTRA

Parámetro	Valor
Familia de pruebas estadísticas	F tests
Prueba estadística	ANOVA: Repeated measures, within factors
Nivel de significancia (α)	0,05
Potencia estadística (1 − β)	0,80
Número de grupos	1
Número de mediciones	4
Correlación entre mediciones repetidas	0,50
Corrección por esfericidad (ε)	1,00
Tamaño del efecto (f)	[Consignar el valor definitivo utilizado]
Tamaño muestral mínimo calculado	[Consignar el resultado de G*Power]
Incremento por posibles registros no evaluables	10 %
Número final de historias clínicas por revisar	[Consignar el resultado ajustado]

Procedimiento de cálculo

El tamaño muestral mínimo se determinará a partir de los parámetros establecidos en el programa G*Power. Para compensar posibles registros no evaluables, se calculará el número de historias clínicas por revisar mediante la siguiente expresión:

N ajustado = N mínimo / (1 − 0,10)

Donde N mínimo corresponde al número de participantes requerido por el cálculo estadístico y 0,10 representa la proporción prevista de registros no evaluables. El resultado se redondeará al entero superior.

ANEXO 2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Tipo	Definición operacional	Escala de medición	Categorías / unidad
Presión arterial sistólica (PAS)	Dependiente secundaria / cuantitativa continua	Valor de PAS registrado en T0, T1, T2 y T3 según hoja de anestesia	Razón	mmHg
Presión arterial diastólica (PAD)	Dependiente secundaria / cuantitativa continua	Valor de PAD registrado en T0, T1, T2 y T3 según hoja de anestesia	Razón	mmHg
Frecuencia cardiaca (FC)	Dependiente secundaria / cuantitativa continua	Frecuencia cardiaca registrada en T0, T1, T2 y T3	Razón	latidos por minuto
Hipotensión arterial	Dependiente secundaria / cualitativa dicotómica	La reducción ≥20 % debe especificarse respecto al valor basal de la presión arterial sistólica (PAS) o de la presión arterial media (PAM), según la definición de hipotensión que hayas establecido en tu protocolo. No conviene dejarlo ambiguo.	Nominal	0 = No; 1 = Sí
Bradicardia	Dependiente secundaria / cualitativa dicotómica	presencia de una frecuencia cardiaca (FC) inferior a 50 latidos por minuto (lpm) durante los primeros 15 minutos posteriores al inicio de la administración de sulfato de magnesio.	Nominal	0 = No; 1 = Sí
Manejo farmacológico de la inestabilidad hemodinámica	Dependiente secundaria / cualitativa dicotómica	Administración de tratamiento farmacológico ante un episodio de hipotensión o bradicardia durante los primeros 15 minutos	Nominal	0 = No; 1 = Sí
Fármaco utilizado	Dependiente secundaria / cualitativa nominal	Fármaco administrado para el manejo del episodio de inestabilidad hemodinámica	Nominal	0 = No aplica; 1 = Etilefrina; 2 = Noradrenalina; 3 = Atropina; 4 = Otro
Desenlace del episodio de inestabilidad hemodinámica	Dependiente secundaria /	Desenlace del episodio de inestabilidad hemodinámica: resultado	Nominal	0 = Resolución espontánea; 1 = Resolución con

	cualitativa nominal	clínico registrado después de la aparición de hipotensión arterial o bradicardia durante los primeros 15 minutos posteriores al inicio de la administración de sulfato de magnesio.		fármaco; 2 = Resolución parcial; 3 = No resuelto
Dosis total de sulfato de magnesio	Independiente / cuantitativa continua	Cantidad total de sulfato de magnesio administrada durante la inducción anestésica	Razón	mg
Dosis de sulfato de magnesio ajustada al peso	Independiente / cuantitativa continua	Dosis total de sulfato de magnesio dividida entre el peso corporal del paciente	Razón	mg/kg
Velocidad de administración	Independiente / cuantitativa continua	Cantidad de sulfato de magnesio administrada por unidad de tiempo	Razón	mg/min
Tiempo de administración	Independiente / cuantitativa continua	Tiempo transcurrido desde el inicio hasta el final de la administración del sulfato de magnesio	Razón	minutos
Edad	Covariable / cuantitativa continua	Años cumplidos al momento de la cirugía	Razón	años
Sexo	Covariable / cualitativa nominal	Sexo registrado en la historia clínica	Nominal	0 = Masculino; 1 = Femenino
Índice de masa corporal (IMC)	Covariable / cuantitativa continua	Peso en kilogramos dividido entre la talla en metros al cuadrado	Razón	kg/m^2
Clasificación ASA	Covariable / cualitativa ordinal	Clasificación del estado físico preoperatorio registrada en la evaluación preanestésica	Ordinal	0 = ASA I; 1 = ASA II
Presión arterial basal	Covariable / cuantitativa continua	Valor de PAS, PAD y PAM registrado inmediatamente antes del inicio de la administración de $MgSO_4$	Razón	mmHg
Hipertensión arterial	Covariable / cualitativa dicotómica	Antecedente de hipertensión arterial registrado en la historia clínica	Nominal	0 = No; 1 = Sí

Uso de antihipertensivos	Covariable / cualitativa dicotómica	Registro de tratamiento antihipertensivo habitual previo al procedimiento	Nominal	0 = No; 1 = Sí
Tipo de anestesia general	Covariable / cualitativa nominal	Modalidad de anestesia general registrada en la hoja anestésica	Nominal	1 = Balanceada; 2 = Total intravenosa 3 = Inhalatoria
Agente inductor	Covariable / cualitativa nominal	Fármaco utilizado para la inducción anestésica	Nominal	Según fármaco registrado
Dosis del agente inductor	Covariable / cuantitativa continua	Cantidad administrada del agente inductor durante la inducción	Razón	mg o mg/kg, según registro
Uso de opioides	Covariable / cualitativa dicotómica	Administración de opioides durante la inducción anestésica	Nominal	0 = No; 1 = Sí
Dosis de opioides	Covariable / cuantitativa continua	Cantidad total de opioide administrada durante la inducción	Razón	mg o µg, según fármaco
Fluidoterapia previa a la inducción	Covariable / cuantitativa continua	Volumen de fluidos administrado antes del inicio de la inducción anestésica	Razón	mL
Fluidoterapia durante la inducción	Covariable / cuantitativa continua	Volumen de fluidos administrado durante el periodo de inducción anestésica	Razón	mL
Tiempo entre $MgSO_4$ e inducción	Covariable / cuantitativa continua	Tiempo transcurrido entre el inicio o final de la administración de $MgSO_4$ y la administración del agente inductor, según el registro temporal disponible	Razón	minutos
Tiempo entre $MgSO_4$ y laringoscopia/intubación	Covariable / cuantitativa continua	Tiempo transcurrido entre la administración de $MgSO_4$ y la realización de la laringoscopia o intubación	Razón	minutos

ANEXO 3. INFORME DE ANESTESIA INTRAOPERATORIA

INFORME DE ANESTESIA

Fecha		Hora		Edad	Sexo:	M □ F □	Peso:		Talla:
PA		FC		FR.		T°	SPO2:	ASA:	RQ
HTO		HB		GPO		RH.			

MEDICACIÓN PREANESTÉSICA

DROGA	DOSIS	HORA

DIAG PREOP:	
OP. INDICADA:	
VALORACION PRE OPERATORIA:	

MONITORIZACIÓN:
□ EKG
□ OXIMETRÍA
□ CAPNOGRAFÍA
□ PIC
□ PVC
□ BIS
□ OTROS

FUNCIONES VITALES

Hora:	5	10	15					5	10	15					5	10	15				5	10	15		
200																									
180																									
160																									
140																									
120																									
100																									
80																									
60																									
40																									
20																									

FIO_2 ANEST ○ OPER ⊙ FR ∧ FC ↔ PA ✕

TIPO DE ANESTESIA

□ GENERAL □ INTRAVENOSA □ INHALATORIA □ BALANCEADA □ COMBINADA □ SEDACIÓN

□ RAQUÍDEA □ EPIDURAL □ SIMPLE □ CONTINUA. □ CAUDAL □ BLOQUEO

TÉCNICA DE ANESTESIA GENERAL
□ ESPONTANEA □ CONTROLADA
□ VMCV □ VMCP
□ INTUB ORAL □ MASC
□ SEC. RÁPIDA □ NASAL
□ TET N°___ □ FBO □ LARINGOSCOPIO
□ MILA N°___ □ MANG □ N° DE INTENTOS___

TÉCNICA DE ANESTESIA REGIONAL

POSICIÓN		
PUNCIÓN		
AGUJA N°	VECES	
NIVEL		
ECOGRAF.	NEUROEST.	
DROGAS		

OBSERVACIONES EN INDUCCIÓN
□ SATISF □ NO SATISF □ TOS □ APNEA □ LARINGO □ BRONC
□ NAUSEAS □ VÓMITO □ ASPIRACIÓN □ AGITACIÓN PSICOMOTRIZ
□ CIANOSIS

MANTENIMIENTO
□ SATISF □ NO SATISF

RECUPERACIÓN DE LA ANESTESIA
□ SATISF □ NO SATISF

AGENTES:	
BALANCE	
INGRESOS	
EGRESOS	

INCIDENCIAS:

TIEMPO

COM. ANEST.	
COM. OPER.	
TERM. OPER.	
TERM. ANEST.	

POSICIÓN
□ DEC. DORSAL □ DEC. VENTRAL
□ LAT. DER. □ LAT. IZQ.
□ LITOTOMÍA □ FOWLER
□ TRENDELEMBURG □ SENTADO
□ OTRAS:

DX POST OP:				
OP. REALIZADA:				
CIRUJANOS:		EMERGENCIA □ ELECTIVA □	UCA □	TIPO DE HERIDA □
ANESTESIÓLOGOS:		SEGURO: SIS □ SOAT □		CONSUMO DE O2:

CONDICIÓN FINAL:	ESTABLE □	INESTABLE □	FC	FR	PA	SO2
VENTILACIÓN:	ESPONTANEA □	TET □	ASISTIDA □			
ANESTESIÓLOGOS:	URPA □	UCI □	PISO □	MORGUE □		

FIRMA Y SELLO DEL ANESTESIÓLOGO:

NOMBRES:		APELLIDOS:	

ANEXO 4. FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

I. DATOS GENERALES DEL PACIENTE / COVARIABLES

Código de Historia Clínica:	

Edad:		**años**	**Sexo:**	☐ 0 = Masculino ☐ 1 = Femenino

Peso:		**kg**	**Talla:**		**cm**	**IMC:**		**kg/m²**	**PA BASAL**		mmHg

Clasificación ASA:	☐ 0 = ASA I ☐ 1 = ASA II

Hipetension arterial:	☐ 0 = No ☐ 1 = Si
Uso de antihipertensivo	☐ 0 = No ☐ 1 = Si

Fluidoterapia previa a la inducción :	ml
Fluidoterapia durante a la inducción :	ml

II. DATOS DE LA CIRUGÍA

Diagnóstico:	
Cirugía propuesta:	
Tipo de Cirugía:	☐ Laparoscópica ☐ Convencional ☐ Gineco-Obstétrica ☐ Urológica ☐ Traumatológica ☐ Otra

Hora programada:		**Hora de inicio:**		**Duración (min):**	

III. DATOS DE LA ANESTESIA / COVARIABLES

Tipo de Anestesia:	☐ Inhalatoria ☐ TIVA ☐ Balanceada
Agente Inductor:	☐ Propofol ☐ Ketamina ☐ Fentanilo ☐ Otro
Dosis del inductor (mg/kg):	mg/kg

Uso de opiodes:	☐ 0 = No ☐ 1 = Sí	**Dosis:**	mg o ugr

IV. ADMINISTRACIÓN DE SULFATO DE MAGNESIO ($MgSO_4$) — VARIABLE INDEPENDIENTE

Dosis de $MgSO_4$ ajustada al peso:	mg/kg

Dosis total administrada:		mg

Velocidd de Administración		mg/min
Tiempo de administración:		min

V. PARÁMETROS HEMODINÁMICOS — VARIABLES DEPENDIENTES

Registrar valores de la hoja de anestesia en cada punto temporal:
T0 = Basal ↓ T1 = 5 min post-$MgSO_4$ ↓ T2 = 10 min post-$MgSO_4$ ↓ T3 = 15 min post-$MgSO_4$

Variable	T0 — Basal	T1 — 5 min	T2 — 10 min	T3 — 15 min
Variación de (PAM) (mmHg)				
PAS (mmHg)				
PAD (mmHg)				
PAM (mmHg)				
FC (lpm)				

Hipotensión arterial (PAS < 90 mmHg o PAM < 60 mmHg o reducción ≥ 20% del basal, en primeros 15 min post-$MgSO_4$):

☐ 0 = No ☐ 1 = Sí **Valor PAS más bajo registrado:** mmHg

Bradicardia (FC < 50 lpm o reducción ≥ 20% del basal, en primeros 15 min post-$MgSO_4$):

☐ 0 = No ☐ 1 = Sí **Valor FC más bajo registrado:** lpm

VI. MANEJO FARMACOLÓGICO DE LA INESTABILIDAD HEMODINÁMICA

¿Se requirió tratamiento farmacológico? ☐ 0 = No ☐ 1 = Sí

Fármaco utilizado: ☐ Atropina ☐ Etilefrina ☐ Noradrenalina ☐ Atropina ☐ Otro **Dosis utilizada:** Mg

DESENLACE DEL EPISODIO DE INESTABILIDAD HEMODINÁMICA:

☐ 0 = Resolución espontánea ☐ 2 = Resolución parcial ☐ 1 = Resolución con fármaco