

ARTÍCULO ORIGINAL

TIEMPO DEL PROCEDIMIENTO Y DOSIS DE RADIACIÓN DURANTE CATETERISMOS CARDIACOS PEDIÁTRICOS EN UN HOSPITAL DE ESPAÑA

Fredy Prada-Martinez ^{1,a}, Juan Carretero-Bellon ^{1,a}, Sheyla Reyes-Laserna ^{2,a}

FILIACIÓN

¹ Hospital Saint Joan de Deus, Barcelona, España

² Instituto Nacional de Salud del Niño, Lima, Perú

^a Médico especialista en cardiología pediátrica

RESUMEN

Objetivo: Evaluar y describir los tiempos procedimentales y las dosis de radiación durante los cateterismos cardiacos pediátricos realizados en el Hospital Sant Joan de Déu (HSJD) en Barcelona. **Materiales y métodos:** Estudio observacional, descriptivo y retrospectivo que incluyó pacientes menores de 18 años con cardiopatía congénita sometidos a cateterismo cardiaco en la sala de hemodinámica entre junio y agosto de 2025. Se registraron variables demográficas, tipo de procedimiento (diagnóstico o terapéutico), tiempo total de procedimiento, tiempo de fluoroscopia, tiempo de anestesia y DAP ($\text{mGy}\cdot\text{cm}^2$), obtenido del sistema de angiografía digital. Las variables se analizaron mediante estadística descriptiva. **Resultados:** Se realizaron 68 procedimientos, de los cuales 75,0 % fueron terapéuticos. La edad promedio fue 5,9 años y el peso promedio 21,8 kg. El tiempo total promedio fue 50,8 minutos, con fluoroscopia de 10,72 minutos y anestesia de 96,2 minutos. Los procedimientos diagnósticos mostraron mayores tiempos y mayor DAP ($3450 \text{ mGy}\cdot\text{cm}^2$) en comparación con los terapéuticos ($550 \text{ mGy}\cdot\text{cm}^2$). Entre los intervencionismos más frecuentes, el cierre de comunicación interauricular presentó menor DAP ($130 \text{ mGy}\cdot\text{cm}^2$). Las complicaciones fueron infrecuentes y no se registró mortalidad intraprocedimiento. **Conclusión:** El cateterismo cardiaco pediátrico en nuestro centro se desarrolló con adecuados estándares de seguridad y eficiencia, con dosis de radiación comparables a las reportadas internacionalmente.

Palabras clave: Cateterismo Cardiaco, Cardiopatías Congénitas, Fluoroscopia, Dosis de Radiación, niños. (Fuente: DeCS BIREME)

PROCEDURAL TIME AND RADIATION DOSE IN PEDIATRIC CARDIAC CATHETERIZATIONS AT A HOSPITAL IN SPAIN

ABSTRACT

Objective: To evaluate and describe procedural duration and radiation dosage during pediatric cardiac catheterizations performed at Sant Joan de Déu Hospital (HSJD), Barcelona, in 2025. **Materials and Methods:** An observational, descriptive, and retrospective study was conducted including patients under 18 years of age with congenital heart disease who underwent cardiac catheterization in the hemodynamics laboratory between June and August 2025. Demographic variables, type of procedure (diagnostic or therapeutic), total procedural time, fluoroscopy time, anesthesia time, and dose-area product (DAP, $\text{mGy}\cdot\text{cm}^2$), obtained from the digital angiography system, were recorded. Variables were analyzed using descriptive statistics. **Results:** A total of 68 procedures were performed, of which 75.0% were therapeutic. The mean age was 5.9 years and the mean weight was 21.8 kg. The mean total procedural time was 50.8 minutes, with a mean fluoroscopy time of 10.72 minutes and a mean anesthesia time of 96.2 minutes. Diagnostic procedures showed longer procedural times and higher DAP ($3450 \text{ mGy}\cdot\text{cm}^2$) compared to therapeutic ones ($550 \text{ mGy}\cdot\text{cm}^2$). Among the most frequent procedures, atrial septal defect closure presented the lowest DAP ($130 \text{ mGy}\cdot\text{cm}^2$). Complications were infrequent, and no intra-procedural mortality was recorded. **Conclusion:** Pediatric cardiac catheterization at our center was performed with appropriate standards of safety and efficiency, with radiation doses comparable to those reported internationally.

Keywords: Cardiac Catheterization, Heart Defects, Congenital, Fluoroscopy, Radiation Dosage, Child. (Source: MeSH NLM)



Citar como:

Prada-Martínez F, Carretero-Bellón J, Reyes-Laserna S. Tiempo del procedimiento y dosis de radiación durante los cateterismos cardiacos pediátricos en un hospital de España. Rev Pediatr Espec. 2026;5(1):8-13. doi: 10.58597/rpe.v5i1.133

Correspondencia:

Sheyla Reyes-Laserna
Correo electrónico:
reyeslsheyla.1013@gmail.com

Recibido: 21/10/2025

Aprobado: 24/03/2026

Publicado: 31/03/2026



Esta es una publicación con licencia de Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

INTRODUCCIÓN

Las cardiopatías congénitas (CC) representan una causa importante de morbimortalidad en la edad pediátrica. A nivel global, la prevalencia al nacimiento se estima en aproximadamente 9 por cada 1000 nacidos vivos, lo que equivale a cerca de 1,35 millones de recién nacidos afectados anualmente, con variaciones regionales¹.

El cateterismo cardiaco pediátrico se ha consolidado como una herramienta diagnóstica y terapéutica para la evaluación hemodinámica y el tratamiento percutáneo de múltiples defectos estructurales. Sin embargo, estos procedimientos requieren el uso de fluoroscopia y cineangiografía, lo que implica exposición a radiación ionizante. Esta situación genera especial preocupación en la población pediátrica debido a la mayor radiosensibilidad de los tejidos en crecimiento, siendo entre 3 y 10 veces mayor el riesgo. Esta vulnerabilidad podría deberse a una alta tasa de división celular en tejidos en crecimiento, lo que incrementa el riesgo potencial de efectos estocásticos a largo plazo, como el desarrollo de neoplasias^{2,3}. En procedimientos de cardiología intervencionista pediátrica, los efectos deterministas cutáneos son poco frecuentes (<1 %), dado que las dosis empleadas generalmente se mantienen por debajo de los umbrales clínicos. No obstante, los efectos estocásticos constituyen la principal preocupación, especialmente el riesgo de cáncer inducido por radiación^{4,6}. Entre los efectos estocásticos más relevantes asociados a la exposición a radiación ionizante en la población pediátrica se incluyen los siguientes: leucemia, considerada el efecto más radiosensible; cáncer de tiroides; tumores cerebrales; cáncer de mama, particularmente en pacientes expuestos a edades tempranas; y cáncer de piel. Estos efectos no presentan un umbral definido y su probabilidad aumenta de manera proporcional a la dosis acumulada de radiación^{5,7}.

Asimismo, la duración del procedimiento y el tiempo de anestesia constituyen variables relevantes que pueden influir en la seguridad del paciente, en el riesgo anestésico y en la eficiencia del laboratorio de hemodinámica. Desde la perspectiva ocupacional, el personal de salud también está expuesto a la radiación dispersa, lo que refuerza la necesidad de estrategias de optimización y protección radiológica^{8,9}. El producto dosis-área (DAP) es uno de los indicadores más utilizados para cuantificar la exposición radiológica en procedimientos intervencionistas¹⁰. En el 2014, en un estudio multicéntrico en Estados Unidos, se reportó una amplia variabilidad en los valores del DAP durante el cateterismo pediátrico, con medianas que oscilaron entre 2490 mGy·cm² y 179 900 mGy·cm², rangos determinados por el tipo de procedimiento y del grupo etario, lo que evidencia cómo la complejidad clínica y técnica influye en la dosis administrada¹¹.

En este contexto, la optimización de los tiempos de procedimiento y fluoroscopia se alinea con los principios de radioprotección, particularmente con el principio ALARA (As Low As Reasonably Achievable), cuyo objetivo es minimizar la exposición sin comprometer la calidad diagnóstica o terapéutica¹². Estudios recientes han demostrado una amplia variabilidad en los tiempos procedimentales y en las dosis de radiación entre diferentes centros y protocolos técnicos^{11,12}. Esto subraya la importancia de establecer niveles de referencia de dosis (NRD o DRL) como herramientas para la monitorización y mejora continua de la práctica clínica^{13,14}.

Si bien existen reportes internacionales sobre la exposición radiológica en cardiología intervencionista pediátrica, los datos locales o institucionales continúan siendo esenciales para evaluar el desempeño específico de cada laboratorio, identificar oportunidades de optimización y fortalecer la seguridad radiológica^{9,15,16}. Bajo este escenario, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar y describir los tiempos de fluoroscopia, cineangiografía y anestesia,

así como las dosis de radiación expresadas como DAP durante los cateterismos cardiacos pediátricos realizados en el Hospital Sant Joan de Déu (HSJD), Barcelona, con el propósito de contribuir a la mejora continua de la calidad asistencial y la radioprotección en población pediátrica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

Estudio observacional, descriptivo y retrospectivo.

Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por pacientes pediátricos menores de 18 años con diagnóstico de cardiopatía congénita sometidos a cateterismo cardiaco en el Laboratorio de Hemodinámica del HSJD, durante el periodo comprendido entre junio y agosto de 2025.

Se incluyeron todos los pacientes con diagnóstico confirmado mediante ecocardiografía Doppler previo al procedimiento, en quienes se realizó cateterismo cardiaco con fines diagnósticos o terapéuticos dentro del periodo de estudio. Se excluyeron aquellos casos con registros incompletos respecto a los tiempos procedimentales o a la dosis de radiación.

Se realizó un muestreo censal, incluyendo la totalidad de los casos que cumplieron los criterios de selección.

Variables del estudio

Se registraron variables sociodemográficas, clínicas y procedimentales. Las variables sociodemográficas incluyeron sexo, edad (años cumplidos al momento del procedimiento) y peso (kilogramos). Las variables clínicas comprendieron el tipo de cardiopatía congénita y el tipo de procedimiento realizado, clasificado como diagnóstico o terapéutico. Las variables procedimentales incluyeron el tiempo total del procedimiento, el tiempo de fluoroscopia y el tiempo de anestesia, todos expresados en minutos. Asimismo, se registró la dosis de radiación, expresada como DAP, en mGy·cm², obtenida automáticamente del sistema de angiografía digital al finalizar cada procedimiento. Además, se registró la presencia de complicaciones intraprocedimiento, definidas como cualquier evento adverso ocurrido durante el procedimiento que requiriera intervención farmacológica o técnica adicional.

Procedimientos de recolección de datos

La información fue obtenida mediante revisión de historias clínicas, informes de cateterismo cardiaco y reportes de dosis de radiación generados por el sistema de angiografía digital biplanar (Artis, Siemens®).

Previo firma del consentimiento informado por los padres, todos los procedimientos se realizaron en la sala de hemodinámica, bajo anestesia general, con intubación orotraqueal y monitorización continua por anestesiólogo pediatra. El acceso vascular fue principalmente femoral (arterial y/o venoso), utilizando la técnica de Seldinger y bajo guía de ultrasonido por ecografía.

Los datos fueron registrados en una ficha de recolección diseñada por los investigadores, especialistas en cardiología pediátrica intervencionista. Posteriormente, la información fue ingresada en una base de datos electrónica en Microsoft Excel 2023 para su procesamiento y análisis.

Análisis estadístico

Se utilizó el programa SPSS (Statistical Package for Social Sciences) versión 23. Las variables categóricas se presentaron en frecuencias

y porcentajes. Las variables numéricas se describieron mediante medidas de tendencia central y dispersión; en caso de distribución normal, se presentaron como media y desviación estándar; en caso contrario, como mediana y rango.

Aspectos éticos

El estudio fue aprobado por el Comité Institucional de Ética en Investigación del Hospital Sant Joan de Déu. Se garantizó la confidencialidad de la información mediante codificación y anonimización de los datos.

RESULTADOS

Características de los pacientes

Del total de 68, se encontró que la mayoría fueron pacientes del sexo femenino con 37 casos (54,2 %). La edad promedio fue de 5,9 años (rango: 0-13 años). La distribución etaria mostró que el 27 % correspondía a menores de 1 año, el 38 % entre 1 y 5 años, el 16 % entre 6 y 10 años y el 19 % era mayor de 10 años. El peso promedio fue de 21,8 kg (rango: 2,2-61,1 kg). Durante el periodo de estudio, se realizaron 68 procedimientos de cateterismo cardiaco pediátrico, 51 (75,0 %) fueron terapéuticos y 17 (25,0 %) diagnósticos (v. Figura 1).

Cateterismo cardiaco terapéutico

Entre los procedimientos terapéuticos, los más frecuentes fueron el cierre percutáneo de comunicación interauricular (CIA) en 16 casos (31,4 %), el cierre de persistencia del conducto arterioso (PCA) en 11 casos (21,6 %) y la valvuloplastia pulmonar o angioplastia de ramas pulmonares en 10 casos (19,6 %), ver la Figura 2. En los pacientes con CIA tipo ostium secundum, se logró el cierre exitoso en 13 de 16 casos (82 %), utilizando dispositivo ocluser tipo Amplatzer®. En los casos de PCA, el cierre fue exitoso en el 100 % de los pacientes, incluyendo un neonato de 1,1 kg, mediante dispositivos ADO I y Piccolo-Amplatzer®. Asimismo, se realizaron tres cierres de comunicación interventricular (CIV) con éxito en dos casos, utilizando ocluser Konar-MFO®. Se implantaron dos stents ductales en neonatos con cardiopatías cianóticas ductus dependientes, con resultado exitoso en ambos casos. Además, se realizó un implante percutáneo de válvula pulmonar en un paciente de 7 años con antecedente de tetralogía de Fallot operada, con evolución favorable.

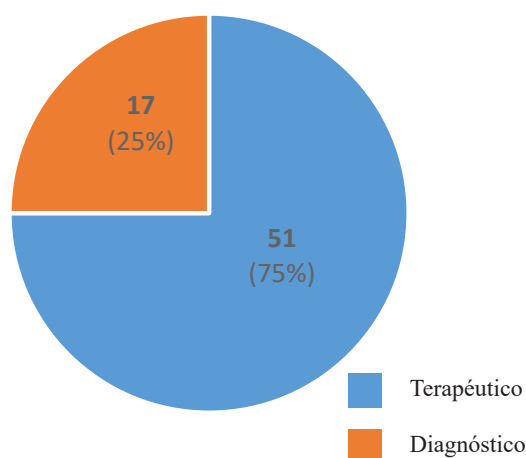


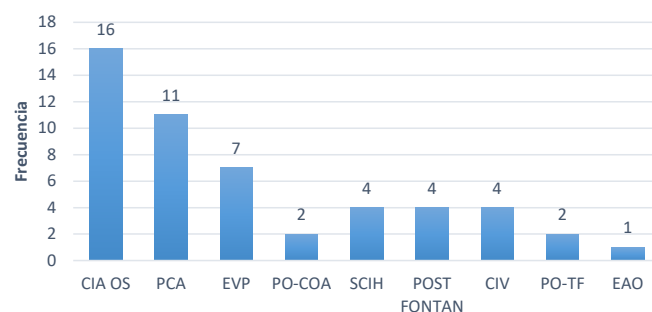
Figura 1. Tipo de cateterismo cardiaco en pacientes con cardiopatías congénitas del Hospital Sant Joan de Déu (HSJD), Barcelona, 2025.

Tiempos procedimentales y dosis de radiación

El tiempo promedio total del procedimiento fue de 50,8 minutos. El tiempo promedio de fluoroscopia fue de 10,72 minutos y el tiempo promedio de anestesia fue de 96,2 minutos.

Al analizar según tipo de procedimiento, los tiempos fueron mayores en los cateterismos diagnósticos. Esto se debe a que los cateterismos terapéuticos se tratan de una lesión específica, mientras que los cateterismos diagnósticos necesitan mayor exploración: angiografías múltiples y mediciones de presiones en diferentes cavidades y vasos. En los cateterismos diagnósticos, el tiempo del procedimiento total fue de 58 minutos (rango: 31-120); el tiempo de fluoroscopia de 12,2 minutos (3,1-30,2); principalmente los procedimientos que tuvieron mayor exposición a radiación fueron los casos PO de tetralogía de Fallot con estudio previo para colocación de válvula pulmonar y coronariografía; y el tiempo de anestesia de 102 minutos (61-168). En los procedimientos terapéuticos, el tiempo total fue de 48 minutos (23-143), el tiempo de fluoroscopia de 10,2 minutos (2,1-52,2) y el tiempo de anestesia de 92 minutos (61-192) (v. Tabla 1).

La dosis de radiación del DAP presentó un amplio rango (20-7360 mGy·cm²). El promedio de DAP en los procedimientos diagnósticos fue de 3450 mGy·cm² (450-7360), mientras que en los terapéuticos fue de 550 mGy·cm² (20-3880).



CIA: comunicación interauricular, PCA: persistencia de conducto arterioso, EVP: estenosis válvula pulmonar, PO-CoA: post operado de coartación de aorta, SCIH: corazón izquierdo hipoplásico, CIV: comunicación interventricular, PO-TF: post operado de tetralogía de Fallot, EAO: estenosis aórtica.

Figura 2. Tipo de cardiopatía congénita en los procedimientos intervencionistas en pacientes del Hospital Sant Joan de Déu (HSJD), Barcelona, 2025.

En los procedimientos intervencionistas más frecuentes (v. Tabla 2), el cierre de CIA mostró una mediana de tiempo del procedimiento de 29,2 minutos, con tiempo de fluoroscopia de 4,5 minutos y una mediana DAP de 130 mGy·cm². El cierre de PCA presentó una mediana de tiempo de 36 minutos y DAP de 468 mGy·cm². La valvuloplastia pulmonar tuvo un tiempo de 42,8 minutos y DAP de 288 mGy·cm². El cierre de CIV evidenció mayores tiempos y dosis, con 68 minutos de procedimiento y DAP de 1790 mGy·cm².

Complicaciones

Las complicaciones fueron infrecuentes y se presentaron, especialmente, en pacientes con cardiopatías complejas. Un paciente sometido a implante percutáneo de válvula pulmonar presentó arritmia ventricular transitoria que respondió a amiodarona endovenosa. Dos pacientes con síndrome de corazón izquierdo hipoplásico y comunicación interauricular restrictiva presentaron inestabilidad hemodinámica grave, lo que obligó a suspender el procedimiento. No se registró mortalidad intraprocedimiento.

DISCUSIÓN

En el presente estudio, se observó que la mayoría de los cateterismos cardiacos fueron terapéuticos (75 %), reflejando el rol predominante del intervencionismo percutáneo en el manejo de las cardiopatías congénitas. Los tiempos procedimentales y la tasa de complicaciones se mantuvieron en rangos favorables, sin registrarse mortalidad

Tabla 1. Tiempos procedimentales y producto dosis-área según tipo de cateterismo cardíaco pediátrico en pacientes del Hospital Sant Joan de Déu (HSJD), Barcelona, 2025.

Tipo cateterismo (n)	Tiempo procedimiento en min (*)	Tiempo Fluoroscopia en min (*)	DAP en mGy·cm ² (*)	Tiempo anestesia en min (*)
Cateterismo diagnóstico (17)	58 (31 - 120)	12,2 (3,1 - 30,2)	3450 (450 - 7360)	102 (61 - 168)
Cateterismo terapéutico (51)	48 (23 - 143)	10,2 (2,1 - 52,2)	550 (20 - 3880)	92 (61 - 192)

(*) Mediana y rangos
DAP: Producto dosis-área

Tabla 2. Tiempos procedimentales y producto dosis-área en cardiopatías congénitas más frecuentes en pacientes del Hospital Sant Joan de Déu (HSJD), Barcelona, 2025.

Procedimiento (n)	Tiempo procedimiento en min (*)	Tiempo Fluoroscopia en min (*)	DAP en mGy·cm ² (*)
CIA OS (16)	29,2 (12 - 61)	4,5 (3,6 - 6,9)	130 (110 - 325)
PCA (11)	36 (17 - 78)	6,1 (4,5 - 7,3)	468 (235 - 650)
EVP (10)	42,8 (29 - 64)	9,4 (7,8 - 10,5)	288 (230 - 565)
CIV(3)	68 (45 - 75)	16,5 (13,4 - 18,9)	1790 (1450 - 2120)
Otros (11)	48,9 (31,2 - 56,8)	13,6 (7,5 - 18-8)	568 (410 - 890)

(*) Mediana y rangos
DAP: Producto dosis-área

CIA OS: Comunicación Interauricular tipo Ostium Secundum;

PCA: Persistencia del Conducto Arterioso; EVP: Estenosis de la Válvula Pulmonar; CIV: Comunicación Interventricular.

intraprocedimiento. Un hallazgo relevante fue la amplia variabilidad en la exposición radiológica, con valores de DAP mayores en los procedimientos diagnósticos (3450 mGy·cm²) en comparación con los terapéuticos (550 mGy·cm²). Estos indicadores pueden servir como una línea de base institucional para estrategias de optimización bajo el principio ALARA.

En cuanto a los tiempos procedimentales, el tiempo promedio total del procedimiento fue de 50,8 minutos, con un tiempo de fluoroscopia de 10,72 minutos y anestesia de 96,2 minutos. Los procedimientos diagnósticos mostraron mayor duración total y mayor tiempo de fluoroscopia que los terapéuticos. Esto podría deberse a la naturaleza de los casos diagnósticos que, con frecuencia, implican la evaluación detallada de anatomías complejas y la obtención de múltiples proyecciones angiográficas y mediciones hemodinámicas antes de definir una estrategia terapéutica^{2,3}. En contraste, con lo que sucede en los procedimientos terapéuticos, como el cierre de CIA, presentaron menor duración (29 minutos) y menor tiempo de fluoroscopia (4,5 minutos), probablemente debido al tipo de abordaje solo por vía venosa femoral y apoyo de ecocardiografía transesofágica, lo que disminuye la necesidad de fluoroscopia y/o cineangiografía^{17,18}.

En Estados Unidos, Yeh et al. (2023) reportaron una mediana de duración de 97 minutos en cateterismos congénitos (116 minutos en intervencionismo y 69 minutos en diagnósticos)¹⁹, cifras superiores a lo reportado en el estudio. Asimismo, en Japón, Chida et al. (2010) informaron un tiempo promedio de fluoroscopia de 24,1 ± 16,8 minutos¹⁰, considerablemente mayor a lo observado en el estudio. Asimismo, Osei et al. (2016), en Estados Unidos, comunicaron una mediana de fluoroscopia de 13 min en pacientes <20 kg bajo protocolo ALARA²⁰, ligeramente superior a los valores reportados. Estos resultados sugieren que la menor duración observada en el estudio podría explicarse por la experiencia del equipo médico junto

con la tecnología avanzada, como la guía por ultrasonido y equipos de cineangiografía digital, que optimizan la adquisición de imágenes. La reducción del tiempo de fluoroscopia resulta particularmente relevante en población pediátrica, dado que disminuir la exposición acumulada es fundamental para mitigar el riesgo potencial de efectos estocásticos a largo plazo en un grupo con mayor radiosensibilidad y expectativa de vida^{21,22}.

Respecto a la exposición radiológica, los procedimientos diagnósticos (mediana 3450 mGy·cm²) presentaron mayores valores del DAP que los terapéuticos (mediana 550 mGy·cm²). Este patrón difiere del estudio realizado en Estados Unidos por El Sayed et al. (2012) que reportaron DAP promedio de 3,775 Gy/cm² en diagnósticos y 13,239 Gy·cm² en intervenciones, lo que evidenció en su cohorte una mayor carga radiológica en procedimientos terapéuticos²³. Por otro lado, un registro multicéntrico español Radcong-21 (Rueda Núñez et al., 2023) informó una mediana de DAP de 11 289 mGy·cm² y una mediana de fluoroscopia de 15,12 min, lo que sugiere exposiciones más altas en un escenario de mayor heterogeneidad de procedimientos y categorías de complejidad de los procedimientos²⁴. Los resultados del presente estudio podrían explicarse por una mayor proporción de cardiopatías complejas dentro de ese grupo. Estas patologías requieren una cineangiografía más extensa y múltiples proyecciones para su caracterización anatómica/hemodinámica. En contraste, los cateterismos terapéuticos más frecuentes (CIA y PCA) siguen protocolos estandarizados. Además, en centros de alto volumen, estos tienden a optimizarse con el principio ALARA, un mejor aprovechamiento de guía ecográfica y adquisiciones dirigidas^{25,26}. Aunque los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos de lo esperado en este tipo de procedimientos, la existencia de valores altos en el estudio, refuerza la necesidad de monitorización continua de los NRD, tal como lo establece la ICRP, para optimizar la exposición sin comprometer la calidad de la imagen^{27,28}.

En relación con la seguridad del procedimiento, las complicaciones fueron infrecuentes y se concentraron en pacientes con cardiopatías complejas. Se registró una arritmia ventricular transitoria que respondió al tratamiento médico y dos episodios de inestabilidad hemodinámica grave que obligaron a suspender el procedimiento, sin mortalidad intraprocedimiento. Estos resultados son comparables con estudios internacionales. En el registro español de cateterismo en cardiopatías congénitas (Ballesteros-Tejerizo et al., 2023) reportó una tasa de complicaciones mayores de 2,7% y mortalidad intrahospitalaria de 0,2 %²⁹. En un estudio realizado en Estados Unidos (Jayaram et al., 2017), la tasa combinada de evento adverso mayor o muerte fue de 7,1 %, destacando la influencia del tipo de procedimiento y la vulnerabilidad hemodinámica en el riesgo³⁰. En esa misma línea, Bergersen et al. (2008, Estados Unidos) identificaron mayor riesgo de eventos adversos en menores de 1 año, casos intervencionistas y grupos de mayor riesgo procedimental, además de marcadores de vulnerabilidad hemodinámica³¹.

La baja frecuencia de complicaciones observada y la ausencia de mortalidad en el estudio podrían explicarse por tratarse de un centro terciario que cuenta con un equipo multidisciplinario (cardiología intervencionista, anestesia pediátrica y cuidados críticos), protocolos de monitorización y una selección de procedimientos predominantemente terapéuticos estructurales (CIA/PCA) que suelen tener perfiles de seguridad favorables cuando se ejecutan con técnica estandarizada^{8,9}. No obstante, la ocurrencia de eventos en pacientes con cardiopatías complejas refuerza la necesidad de estratificación de riesgo, planificación hemodinámica y criterios claros de interrupción segura ante inestabilidad, tal como recomiendan los modelos contemporáneos basados en registros^{32,33}.

En el marco de la radioprotección, nuestros resultados respaldan la aplicación sistemática del principio ALARA, cuyo objetivo es minimizar la exposición a radiación ionizante sin comprometer la calidad diagnóstica o terapéutica. La ICRP recomienda la optimización continua de los procedimientos intervencionistas pediátricos, dada la mayor radiosensibilidad y expectativa de vida de esta población. En este sentido, enfatiza el uso de indicadores como el DAP para monitorizar la práctica clínica y establecer niveles de referencia diagnósticos (DRL)³⁴. Las recomendaciones 2015 para pacientes según la ICRP: mesa del paciente alta aumenta la distancia entre paciente y fuente de rayos X, evitar las proyecciones oblicuas extremas porque aumenta las lesiones en piel, a mayor rotación del arco evita mayor radiación sobre una misma zona de piel, mejorar criterios protección radiológica en niños, retirar la rejilla antidifusora, grabar lo menos posible porque aumenta la dosis en piel hasta un factor x 10, realizar seguimiento de pacientes que recibieron altas dosis³⁵. Asimismo, la iniciativa Image Gently Alliance ha promovido estrategias específicas en cardiología intervencionista pediátrica, tales como la reducción de la tasa de fluoroscopia, el uso de fluoroscopia pulsada, la colimación estricta, la minimización de angiografías innecesarias y la capacitación continua del personal³⁶.

Este estudio presenta algunas limitaciones. Por un lado, el diseño retrospectivo puede estar sujeto a sesgos de información proveniente de las historias clínicas. El periodo de estudio fue relativamente corto, por lo cual hubo un tamaño de muestra limitado. No se realizó estratificación por categorías de peso ni por complejidad procedimental, variables que podrían influir en la dosis administrada. Tampoco se estimó la dosis efectiva ni la exposición acumulativa en pacientes con procedimientos repetidos. Finalmente, al tratarse de un estudio en un centro hospitalario, los hallazgos deben interpretarse en el contexto de las características propias del centro y su experiencia. No obstante, el estudio aporta datos institucionales relevantes que permiten establecer una referencia local en tiempos procedimentales y dosis de radiación, útiles para la implementación de auditorías internas y

el desarrollo de estudios analíticos posteriores. Asimismo, refuerza la importancia de mantener estrategias de optimización alineadas con el principio ALARA mediante protocolos estandarizados y capacitación continua del equipo. Futuras investigaciones deberían ampliar el periodo de estudio, incluir mayor número de casos y realizar análisis estratificados por complejidad anatómica y exposición acumulativa, con el fin de fortalecer la cultura de seguridad radiológica y la calidad asistencial en población pediátrica.

CONCLUSIÓN

El cateterismo cardiaco pediátrico en el HSJD se desarrolla con adecuados estándares de seguridad y eficiencia, reflejados en tiempos procedimentales optimizados, baja tasa de complicaciones y ausencia de mortalidad intraprocedimiento. Los valores de dosis de radiación del DAP se situaron dentro de rangos comparables a los reportados internacionalmente y sugieren una práctica alineada con principios de radioprotección. Estos hallazgos constituyen una línea de base institucional para la monitorización y mejora continua de la calidad asistencial.

Financiamiento: Autofinanciado

Conflicto de interés: Ninguno

Contribuciones de autoría: FPM participó en la concepción y diseño del estudio, recolección de datos, análisis e interpretación de resultados, redacción del manuscrito, revisión crítica y aprobación de la versión final. JCB contribuyó en la concepción y diseño del estudio, análisis e interpretación de datos, redacción del manuscrito y aprobación de la versión final. SRL participó en la recolección de datos, análisis e interpretación de resultados, asesoría técnica, revisión crítica del manuscrito y aprobación de la versión final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- van der Linde D, Konings EE, Slager MA, Witsenburg M, Helbing WA, Takkenberg JJ, Roos-Hesselink JW. Birth prevalence of congenital heart disease worldwide: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol.* 2011;58(21):2241-7. doi:10.1016/j.jacc.2011.08.025.
- Afroz S, Østerås BH, Thevathas US, Dohlen G, Stokke C, Robsahm TE, Olerud HM. Use of ionizing radiation in a Norwegian cohort of children with congenital heart disease: imaging frequency and radiation dose for the health effects of cardiac fluoroscopy and modern radiotherapy in pediatrics (HARMONIC) study. *Pediatr Radiol.* 2023;53(12):2502-14. doi:10.1007/s00247-023-05774-8.
- Barnaoui S, Rehel JL, Baysson H, Boudjemline Y, Girodon B, Bernier MO, Bonnet D, Aubert B. Local reference levels and organ doses from pediatric cardiac interventional procedures. *Pediatr Cardiol.* 2014;35(6):1037-45. doi:10.1007/s00246-014-0895-5.
- Johnson JN, Hornik CP, Li JS, Benjamin DK Jr, Yoshizumi TT, Reiman RE, et al. Cumulative radiation exposure and cancer risk estimation in children with heart disease. *Circulation.* 2014;130(2):161-7.
- UNSCEAR. Sources and effects of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee report. New York: United Nations; 2013.
- International Commission on Radiological Protection. Radiological protection in medicine. *ICRP. Ann ICRP.* 2007;37(6):1-63.
- Pearce MS, Salotti JA, Little MP, McHugh K, Lee C, Kim KP, et al. Radiation exposure from CT scans in childhood

- and subsequent risk of leukemia and brain tumors. *Lancet*. 2012;380(9840):499–505
8. International Commission on Radiological Protection. Diagnostic reference levels in medical imaging. ICRP publication 135. *Ann ICRP*. 2017;46(1):1-144.
 9. Aristizabal AM, Gutiérrez JA, Ramirez E, Mejía-Quinones V, Ubeda C, Mosquera WF, Mosquera W. Diagnostic reference levels in interventional pediatric cardiology: two-year experience in a tertiary referral hospital in Latin America. *Children (Basel)*. 2023;10(10):1588. doi:10.3390/children10101588.
 10. Chida K, Ohno T, Kakizaki S, Takegawa M, Yuuki H, Nakada M, Takahashi S, Zuguchi M. Radiation dose to the pediatric cardiac catheterization and intervention patient. *AJR Am J Roentgenol*. 2010;195(5):1175-9. doi:10.2214/AJR.10.4466.
 11. Cevallos PC, Armstrong AK, Glatz AC, Goldstein BH, Gudauskas TM, Leahy RA, Petit CJ, Shahnavaz S, Trucco SM, Bergersen LJ. Radiation dose benchmarks in pediatric cardiac catheterization: a prospective multi-center C3PO-QI study. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2017;90(2):269-80. doi:10.1002/ccd.26911.
 12. Finke T, Mainzer G, Yitzhak Y, Devadas S, Mroczek D, Benson LN, Borik S. Radiation reduction in paediatric cardiac catheterization: we can go even lower. *CJC Pediatr Congenit Heart Dis*. 2024;3(4):129-36. doi:10.1016/j.cjpc.2024.05.004.
 13. Quinn BP, Cevallos P, Armstrong A, Balzer D, El-Said H, Foerster S, Glatz AC, Goodman A, Goldstein B, Hainstock M, et al. Longitudinal improvements in radiation exposure in cardiac catheterization for congenital heart disease: a prospective multicenter C3PO-QI study. *Circ Cardiovasc Interv*. 2020; 13(5):e008172. doi:10.1161/CIRCINTERVENTIONS.119.008172.
 14. Vañó E, Miller DL, Martin CJ, Rehani MM, Kang K, Rosenstein M, Ortiz-López P, Mattsson S, Padovani R, Rogers A. ICRP publication 135: diagnostic reference levels in medical imaging. *Ann ICRP*. 2017;46(1):1-144. doi:10.1177/0146645317717209.
 15. Ubeda C, Vano E, Perez MD, Ramirez R, Miranda P, Azcurra P, Oliveira M, Schelin H, Yagui A, Khoury H, et al. Regional diagnostic reference levels in paediatric interventional cardiology in Latin America and the Caribbean countries. *J Radiol Prot*. 2025;45(3). doi:10.1088/1361-6498/ae0650.
 16. Ubeda C, Vano E, Salazar L, Retana, Santos F, Gutierrez R, Manterola C. Paediatric interventional cardiology in Costa Rica: diagnostic reference levels and estimation of population dose. *J Radiol Prot*. 2018;38(1):218-28. doi:10.1088/1361-6498/aa9c09.
 17. Zepeda-Arámbula A, Gutiérrez-Cobian L, Villatoro-Fernández JL, Pacheco-López SL, Tlacuilo-Parra A. Eventos adversos durante cateterismo cardiaco diagnóstico y terapéutico pediátrico. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2016;54(Suppl 3):S276-83.
 18. Qureshi SM, Pushparajah K, Taylor D. Anaesthesia for paediatric diagnostic and interventional cardiological procedures. *Continuing Education in Anaesthesia Critical Care & Pain*. 2015;15(1):1-6. doi:10.1093/bjaceaccp/mku002.
 19. Yeh MJ, Lydon E, Gauvreau K, Jenkins KJ, Slater D, Bergersen L. Exploring procedure duration and risk for serious adverse events during congenital cardiac catheterization. *BMJ Surg Interv Health Technol*. 2023;5(1):e000142. doi:10.1136/bmjst-2022-000142.
 20. Osei FA, Hayman J, Sutton NJ, Pass RH. Radiation dosage during pediatric diagnostic or interventional cardiac catheterizations using the “air gap technique” and an aggressive “as low as reasonably achievable” radiation reduction protocol in patients weighing <20 kg. *Ann Pediatr Cardiol*. 2016;9(1):16-21. doi:10.4103/0974-2069.171406.
 21. Gomez Arambulo HM. Cateterismo cardiaco terapéutico en la edad pediátrica en el CHMH [Tesis para obtener el grado de Especialista en Pediatría Médica]. Aguascalientes: Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centenario Hospital Miguel Hidalgo; 2023.
 22. Price K, Ryan JR, El-Said H. Stenting of the patent ductus arteriosus. *Interv Cardiol Clin*. 2024;13(3):421-30. doi:10.1016/j.iccl.2024.02.002.
 23. El Sayed MH, Roushdy AM, El Farghaly H, El Sherbini A. Radiation exposure in children during the current era of pediatric cardiac intervention. *Pediatr Cardiol*. 2012;33(1):27-35. doi:10.1007/s00246-011-0064-z.
 24. Rueda Núñez F, Abelleira Pardeiro C, Insa Albert B, Álvarez-Fuente M, Balboa Barreiro V, Ballesteros Tejerizo F, et al. Dosimetric parameters in congenital cardiac catheterizations in Spain: the GTH-SECPC Radcong-21 multicenter registry. *REC Interv Cardiol*. 2023;5:254-62.
 25. Habib Geryes B, Bondet De La Bernardie S, Hascoet S, Geant C, Dauphin C, Douchin S, Rousseau J, et al. Diagnostic reference levels in pediatric interventional cardiology: a multicenter study by the French cohort in HARMONIC project. *PLoS One*. 2025;20(9):e0332241. doi:10.1371/journal.pone.0332241.
 26. Ahmed NA, Nayel AI. Pediatric radiation dose during cardiac catheterization procedures in Sudan. *Radiat Prot Dosimetry*. 2017;174(4):495-500. doi:10.1093/rpd/new222.
 27. International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 105: radiological protection in medicine. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Radioprotección; 2011.
 28. Castrillón-Giraldo WS, Morales-Aramburo J, Jaramillo-Garzón W. Control de calidad en equipos de rayos X en intervencionismo. *Rev Colomb Cardiol*. 2020;27(Suppl 1):88-95. doi:10.1016/j.rccar.2019.09.009.
 29. Ballesteros Tejerizo F, Coserría Sánchez F, Jurado-Román A, Cruz-González I, Álvarez-Fuente M, Amat-Santos IJ, et al. Spanish cardiac catheterization in congenital heart diseases registry. Third official report from the ACI-SEC and the GTH-SECPC (2022). *REC Interv Cardiol*. 2024;6(3):182-190. doi:10.24875/RECICE.M24000456.
 30. Jayaram N, Spertus JA, Kennedy KF, Vincent R, Martin GR, Curtis JP, et al. Modeling Major Adverse Outcomes of Pediatric and Adult Patients With Congenital Heart Disease Undergoing Cardiac Catheterization: Observations From the NCDR IMPACT Registry (National Cardiovascular Data Registry Improving Pediatric and Adult Congenital Treatment). *Circulation*. 2017;136(21):2009-2019. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.117.027714.
 31. Bergersen L, Gauvreau K, Jenkins KJ, Lock JE. Adverse event rates in congenital cardiac catheterization: a new understanding of risks. *Congenit Heart Dis*. 2008;3(2):90-105. doi:10.1111/j.1747-0803.2008.00176.x.
 32. Holzer RJ, Bergersen L, Thomson J, Aboulhosn J, Aggarwal V, Akagi T, et al. PICS/AEPC/APPCS/CSANZ/SCAI/SOLACI expert consensus statement on cardiac catheterization for pediatric patients and adults with congenital heart disease. *JACC Cardiovasc Interv*. 2024;17(2):115-216. doi:10.1016/j.jcin.2023.11.001.
 33. Shibbani K, Kenny D. Updates in interventional cardiology in children with cardiac disease. *Eur J Pediatr*. 2025;184(7):400. doi:10.1007/s00431-025-06236-z.
 34. Cousins C, Miller DL, Bernardi G, Rehani MM, Schofield P, Vañó E, Einstein AJ, Geiger B, Heintz P, Padovani R, Sim KH. ICRP publication 120: radiological protection in cardiology. *Ann ICRP*. 2013;42(1):1-125. doi:10.1016/j.icrp.2012.09.001.
 35. Mosquera W. Radioprotección en cateterismo cardiaco pediátrico. *Rev Colomb Cardiol*. 2020;27(S1):96-111. doi:10.1016/j.rccar.2019.11.002
 36. Goske MJ, Applegate KE, Boylan J, Butler PF, Callahan MJ, Coley BD, et al. The Image Gently campaign: working together to change practice. *AJR Am J Roentgenol*. 2008;190(2):273-4. doi:10.2214/AJR.07.3526