

# Técnicas para la monitorización hemodinámica en las unidades de cuidados intensivos

Técnicas no invasivas

Hemodynamic monitoring techniques in the intensive care units. *Executive summary*

INFORMES DE EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS SANITARIAS  
AETSA

INFORMES, ESTUDIOS E INVESTIGACIÓN



MINISTERIO  
DE SANIDAD, SERVICIOS SOCIALES  
E IGUALDAD



RED ESPAÑOLA DE AGENCIAS DE EVALUACIÓN  
DE TECNOLOGÍAS Y PRESTACIONES DEL SISTEMA NACIONAL DE SALUD



JUNTA DE ANDALUCÍA  
CONSEJERÍA DE IGUALDAD, SALUD Y POLÍTICAS SOCIALES



# Técnicas para la monitorización hemodinámica en las unidades de cuidados intensivos

Técnicas no invasivas

Hemodynamic monitoring techniques in the intensive care units. *Executive summary*

INFORMES DE EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS SANITARIAS  
AETSA

Martín Ruiz, Eva

Técnicas para la monitorización hemodinámica en las Unidades de Cuidados Intensivos. Técnicas no invasivas. Eva MartínRuiz, Antonio OlrydeLabryLima, Ana María CarlosGil, Araceli CaroMartínez, Leticia GarcíaMochón, Sergio MárquezPeláez, Jose Manuel SotoBlanco, Carmen BeltránCalvo — Sevilla: Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía, 2013.

209 p; 24 cm. (Colección: Informes, estudios e investigación. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Serie: Informes de Evaluación de Tecnologías Sanitarias)

1. Hemodinámica / fisiología 2. Monitoreo Fisiológico 3. Cuidados críticos / métodos I. OlrydeLabryLima, Antonio, II CarlosGil, Ana María III. CaroMartínez, Araceli IV. GarcíaMochón, Leticia V. MárquezPeláez, Sergio VI. SotoBlanco, José Manuel VII. Beltrán Calvo, Carmen VIII. Andalucía. Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias IX. España. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad X. España. Ministerio de Economía y Competitividad

**Autores:** Eva Martín-Ruiz, Antonio Olry-de-Labry-Lima, Ana María Carlos-Gil, Araceli Caro-Martínez, Leticia García-Mochón, Sergio Márquez-Peláez, Jose Manuel Soto-Blanco, Carmen Beltrán-Calvo.

Este documento se ha realizado al amparo del convenio de colaboración suscrito por el Instituto de Salud Carlos III, organismo autónomo del Ministerio de Economía y Competitividad, y la Fundación Progreso y Salud de la Consejería de Igualdad, Salud y Políticas Sociales de la Junta de Andalucía, en el marco del desarrollo de actividades de la Red Española de Agencias de Evaluación de Tecnologías Sanitarias y Prestaciones del SNS, financiadas por el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad

**Edita:** Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía  
Consejería de Igualdad, Salud y Políticas Sociales  
JUNTA DE ANDALUCÍA  
Avda. de la Innovación, s/n. Edificio ARENA 1, s/n. Planta baja.  
41020 Sevilla  
España – Spain

**ISBN:** 978-84-15600-49-7

**NIPO:** 680-14-148-8

Este documento puede ser reproducido en todo o en parte, por cualquier medio, siempre que se cite explícitamente su procedencia

# Técnicas para la monitorización hemodinámica en las unidades de cuidados intensivos

Técnicas no invasivas

Hemodynamic monitoring techniques in the intensive care units. *Executive summary*

INFORMES DE EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS SANITARIAS  
AETSA



MINISTERIO  
DE SANIDAD, SERVICIOS SOCIALES  
E IGUALDAD



RED ESPAÑOLA DE AGENCIAS DE EVALUACIÓN  
DE TECNOLOGÍAS Y PRESTACIONES DEL SISTEMA NACIONAL DE SALUD



JUNTA DE ANDALUCÍA  
CONSEJERÍA DE IGUALDAD, SALUD Y POLÍTICAS SOCIALES



# Conflicto de interés

Los autores y revisores declaran que no tienen intereses que puedan competir con el interés primario y los objetivos de este informe e influir en su juicio profesional al respecto. AOC ha recibido honorarios de la empresa Pulsion por su participación en una conferencia.

# Implicaciones éticas

No se consideraron relevantes los aspectos éticos y legales relacionados con el informe.



# Contribución de los autores

**Eva Martín-Ruiz:** Diplomada en Enfermería. Técnica de proyectos de la Escuela Andaluza de Salud Pública (EASP). Planteamiento del proyecto mediante la elaboración de la pregunta de investigación, desarrollo del proyecto realizando la selección de artículos, extracción y síntesis de datos y elaboración de informe.

**Antonio Olry-de-Labry-Lima:** Doctor en Farmacia. Técnico de proyectos de la EASP. Planteamiento del proyecto mediante la elaboración de la pregunta de investigación, desarrollo del proyecto realizando la selección de artículos, extracción y síntesis de datos y elaboración de informe.

**Ana María Carlos-Gil:** Médico especialista en Medicina Familiar y Comunitaria. Servicio de Evaluación de Tecnologías Sanitarias. Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía (AETSA). Coordinación científica, planteamiento del proyecto mediante la elaboración de la pregunta de investigación, desarrollo del proyecto participando en la selección de artículos, extracción y síntesis de datos y elaboración de informe. Revisión del informe.

**Araceli Caro-Martínez:** Licenciada en Economía. Técnica de proyectos de la EASP. Planteamiento del proyecto mediante la elaboración de la pregunta de investigación, desarrollo del proyecto realizando la selección de artículos, extracción y síntesis de datos económicos y elaboración de informe.

**Leticia García-Mochón:** Licenciada en Economía. Técnica de proyectos de la EASP. Planteamiento del proyecto mediante la elaboración de la pregunta de investigación, desarrollo del proyecto realizando la selección de artículos, extracción y síntesis de datos económicos y elaboración de informe.

**Sergio Márquez-Peláez:** Licenciado en Economía. AETSA. Planteamiento del proyecto mediante la elaboración de la pregunta de investigación, desarrollo del proyecto realizando la selección de artículos, extracción y síntesis de datos económicos y elaboración de informe. Revisión del informe.

**José Manuel Soto-Blanco:** Médico especialista en Medicina Intensiva. Unidad de Gestión Clínica Cardiología. Hospital San Cecilio. Granada. Planteamiento del proyecto mediante la elaboración de la pregunta de investigación, desarrollo del proyecto y elaboración del informe. Revisión del informe.

**Carmen Beltrán-Calvo:** Jefa de Servicio de Evaluación de Tecnologías Sanitarias. AETSA. Coordinación, planificación y planteamiento del proyecto mediante el desarrollo de la pregunta de investigación. Desarrollo del proyecto y revisión del informe.



# Agradecimientos

Este trabajo se ha beneficiado de forma importante de las aportaciones del Dr. Anselmo Gil Cano, Doctor en Medicina y Cirugía, especialista en Medicina Intensiva, *Unidad de Gestión Clínica de Cuidados Críticos y Urgencias del Hospital de Jerez de la Frontera*, como asesor clínico del informe y de la colaboración de M<sup>a</sup> Natividad Moya, Doctora en Farmacia, técnica de la *Escuela Andaluza de Salud Pública*, como apoyo técnico en la elaboración del protocolo de investigación. Así mismo, el proyecto ha contado con la colaboración de José Carlos Ruiz Jiménez, Diplomado en Biblioteconomía y Documentación de la *Escuela Andaluza de Salud Pública* como apoyo documental.

La Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía y los autores agradecen al revisor experto Dr. Manuel Ignacio Monge García. *Servicio de Cuidados Intensivos y Urgencias, Unidad de Investigación Experimental, Hospital de Jerez de la Frontera* y a las revisoras expertas Dra. Amparo Ferrandiz Sellés, *Jefa de Servicio de Medicina Intensiva, Hospital General de Castellón*, a la Dra. María Línón Mateu Campos, *Servicio de Medicina Intensiva. Hospital Universitario Castellón* y a la Dra. Ana Ochagavía Calvo. *Servicio de Medicina Intensiva. Hospital de Sabadell*, miembros del Grupo de Trabajo de Cuidados Intensivos Cardiológicos y RCP de la SEMICYUC el esfuerzo realizado, su dedicación y sus aportaciones.

Los contenidos del informe son responsabilidad de los autores, procediendo al eximente habitual en el caso del revisor.



# Índice

Abreviaturas y acrónimos .....	15
Resumen ejecutivo .....	17
Executive abstract.....	21
Introducción .....	25
Técnicas disponibles .....	27
Métodos invasivos .....	28
Métodos mínimamente invasivos .....	29
Métodos no invasivos .....	33
Técnica esCCO .....	36
Justificación .....	37
Objetivos .....	39
Material y Métodos .....	41
Metodología para el Objetivo 1 .....	41
Metodología para el Objetivo 2 .....	43
Metodología para el Objetivo 3 .....	45
Resultados .....	47
Objetivo 1 .....	49
Resultados de la búsqueda.....	49
Objetivo 2 .....	71
Objetivo 3 .....	75
Técnica de monitorización invasiva .....	75
Discusión .....	92
Conclusiones .....	101
Recomendaciones .....	103
Referencias .....	105
Anexos .....	115
Anexo I .....	115
Anexo II .....	122
Anexo III .....	123
Anexo IV .....	126
Anexo V .....	128
Anexo VI .....	171



# Índice de tablas y figuras

Tabla 1. Tecnologías basadas en efecto Doppler: técnica Doppler esofágico .....	51
Tabla 2. Tecnologías basadas en efecto Doppler: técnica esCCO.....	51
Tabla 3. Tecnologías basadas en efecto Doppler: técnica ecocardiografía .....	52
Tabla 4. Tecnologías basadas en efecto Doppler: técnica USCOM .....	53
Tabla 5. Tecnologías basadas en bioimpedancia-bioreactancia .....	55
Tabla 6. Descripción de las complicaciones de la ecocardiografía transesofágica.....	73
Tabla 7. Recursos en preparación del paciente .....	77
Tabla 8. Recursos en la colocación del catéter y transductor .....	78
Tabla 9. Recursos en termodilución.....	79
Tabla 10. Coste total del procedimiento del catéter de arteria pulmonar o Swan-Ganz.....	79
Tabla 11. Recursos en preparación del paciente .....	81
Tabla 12. Recursos en canalización de la arteria femoral y conexión PiCCO .....	82
Tabla 13. Recursos en la colocación de catéter venoso central .....	82
Tabla 14. Recursos en termodilución.....	83
Tabla 15. Coste total del procedimiento de la técnica de monitorización mínimamente invasiva PiCCO .....	83
Tabla 16. Recursos en preparación del paciente con Flo Trac Vigileo.....	85
Tabla 17. Recursos en preparación del paciente en la canalización .....	86
Tabla 18. Recursos en conexión y monitorización .....	86
Tabla 19. Coste total del procedimiento de la técnica de monitorización mínimamente invasiva Flotrac Vigileo .....	87
Tabla 20. Recursos en preparación del paciente y colocación de la sonda .....	90
Figura 1. Representación grafica del análisis comparativo de costes de las técnicas de hemodinámicas.....	46
Figura 2. Flujo de estudios sobre eficacia .....	50
Figura 3. Evaluación del riesgo de sesgo en los estudios incluidos.....	63

Figura 4. Flujo de estudios sobre seguridad .....	71
Figura 5. Esquema de procedimiento de la técnica de monitorización invasiva CAP o Swan-Ganz .....	76
Figura 6. Esquema de procedimiento de la técnica de monitorización mínimamente invasiva PICCO .....	80
Figura 7. Esquema de procedimiento de la técnica de monitorización mínimamente invasiva Flo Trac Vigileo .....	84
Figura 8. Esquema de procedimiento de la técnica de monitorización no invasiva doppler Esofágico .....	88
Figura 9. Comparación de resultados de coste entre las técnicas incluidas en el análisis, para pacientes sin complicaciones .....	90

# Abreviaturas y acrónimos

**APACHE:** *Acute physiology and chronic health evaluation*

**AVAC:** Años de vida ajustados por calidad

**CAP:** Catéter de arteria pulmonar o de Swan-Ganz

**CRD:** *Centre for reviews and dissemination*

**ECG:** Electrocardiograma

**EsCCO®:** *Estimation continuous cardiac output*

**FC:** Frecuencia cardíaca

**GC:** Gasto cardíaco

**GCCE:** Gasto cardíaco continuo estimado

**HTA:** *Health technology assessment*

**IC:** Índice cardíaco.

**IC 95 %:** Intervalo de confianza al 95%

**LiDCO®:** *Lithium dilution cardiac output.*

**LOA:** *Limits of agreement* (límite de concordancia)

**MeSH:** *Medical subject headings*

**NICOM®:** *Noninvasive cardiac output monitoring*

**OR:** *Odds ratio*

**PAM:** Presión arterial media

**PD:** Presión arterial diastólica

**PiCCO®:** *Pulse induced contour cardiac output*

**PRAM:** *Pressure recording analytical method*

**PS:** Presión sanguínea sistólica

**PVC:** Presión venosa central

**RR:** Riesgo relativo

**SAP:** *Simplified acute physiology score*

**TEB:** *Thoracic electrical bioimpedance* (bioimpedancia eléctrica torácica)

**TDTP:** Termodilución transpulmonar

**UCI:** Unidad de cuidados intensivos

**USCOM®:** *Ultrasonic cardiac output monitor*

# Resumen ejecutivo

La monitorización hemodinámica en pacientes ingresados en las Unidades de Cuidados Intensivos ofrece información relevante al personal sanitario sobre el estado de perfusión y oxigenación de los tejidos y órganos, que servirá para la toma de decisiones sobre el tratamiento óptimo de cada paciente. El catéter de arteria pulmonar es considerado el estándar de referencia en la monitorización hemodinámica, aunque su uso está asociado a complicaciones y eventos adversos al tratarse de una técnica invasiva. En los últimos años han ido apareciendo diferentes tecnologías y dispositivos menos invasivos dirigidos a la reducción de estas complicaciones. Hoy por hoy, existe incertidumbre en torno a la determinación del método óptimo para realizar la monitorización hemodinámica, así como el coste que supone su utilización en el sistema sanitario ya que cada una muestra ventajas e inconvenientes.

## Objetivos

1. Determinar la validez diagnóstica de las diferentes técnicas de monitorización hemodinámica no invasivas.
2. Realizar un análisis descriptivo de los eventos adversos recogidos en la literatura, relacionados directamente con la realización de la monitorización hemodinámica mediante técnicas no invasivas.
3. Estimar el coste sanitario directo de diferentes técnicas de monitorización del gasto cardíaco en UCI.

## Metodología

Se realizó una revisión sistemática de la literatura consultando las bases referenciales MedLine, EMBASE y Web of Knowledge y otras fuentes como Cochrane Plus (revisiones sistemática e Informes de las Agencias de Evaluación de Tecnologías Sanitarias Iberoamericanas), *Centre for Reviews and Dissemination* (CRD) y *Health Technology Assessment* (HTA) hasta enero/febrero del 2013. Se seleccionaron aquellos estudios realizados con pacientes adultos ingresados en UCI sometidos a cirugía vascular o cardíaca, con diagnóstico de shock o pacientes traumatológicos, y con requerimiento de monitorización hemodinámica, utilizando para dicha monitorización cualquier técnica no invasiva y comparándolas con cualquier otra técnica de monitorización (invasiva o no) mediante las

medidas de gasto o índice cardíacos, considerando como resultado cualquier medida de validez diagnóstica (sensibilidad, especificidad, media de diferencias, precisión y concordancia). La evaluación de la calidad de los estudios se realizó mediante la herramienta QUADAS y AMSTAR.

La estimación del coste sanitario asociado a cada uno de los procedimientos se ha realizado desde la perspectiva del Sistema Sanitario Público, con una metodología dirigida a estimar el consumo de recursos sanitarios directos por paciente, aplicable a la realización de una u otra técnica y relativo al año 2012. Se ha delimitado un horizonte temporal acorde al procedimiento y el resultado clínico a obtener, es decir, hasta que la tecnología a estudio ofrezca información sobre el gasto cardíaco del paciente. La selección de las técnicas de monitorización incluidas en el análisis de costes se ha realizado de acuerdo a criterios de disponibilidad y uso en el Sistema Sanitario. Así, se han incluido en el análisis, el Catéter Arterioso Pulmonar (CAP) en la categoría de *gold standard* (estándar o patrón de referencia) y dentro de la clasificación de técnicas invasivas. Como técnicas mínimamente invasivas se consideraron las técnicas PiCCO y FloTrac de Vigileo. En el grupo de las técnicas no invasivas se incluyó la tecnología Doppler esofágico.

## **Resultados**

Se recuperaron un total de 22 artículos, de ellos 2 eran revisiones sistemáticas. El porcentaje de error de medida de las técnicas no invasivas estudiadas osciló entre el 16,2 y el 65 %. En concreto, el doppler esofágico presentó el 58 % de porcentaje de error de medida; de los dos artículos que evaluaron esCCO, sólo uno de ello incluyó este resultado, situándolo en el 49 %; tres artículos evaluaron el ecocardiograma transtorácico, oscilando el porcentaje de error de medidas entre 17,7 % y 49,3 %; en los 8 documentos incluidos sobre bioimpedancia-biorreactancia el porcentaje de error se cifró entre el 17 % y el 54 %. Para el caso de USCOM la variabilidad fue mayor estando los valores de los seis artículos incluidos entre el 16,2 % y el 65 %.

En cuanto a la seguridad de las técnicas de monitorización hemodinámica no invasivas, el primer resultado de esta revisión fue la escasez de artículos publicados, incluyéndose únicamente dos revisiones narrativas. Los artículos relacionados recogieron complicaciones menores y poco frecuentes.

Por último, se ha estimado un coste por paciente de la determinación del gasto cardíaco de 300,88 € para el CAP, y de 333,8 € y 240,05 € para las técnicas mínimamente invasivas PICCO y FloTrac Vigileo, respectivamente. Así, la técnica hemodinámica no invasiva

estudiada que presentó un menor coste para el sistema sanitario fue doppler esofágico (148,09 €), con un ahorro de coste por paciente, en comparación con el CAP de 152,79 €.

## **Conclusiones**

- Los estudios incluidos en la revisión presentaron una elevada heterogeneidad en cuanto a su calidad metodológica, las medidas de resultado utilizadas y las poblaciones estudiadas. La calidad de la evidencia disponible fue en general moderada-baja por lo que las conclusiones deberían ser tomadas con cautela.
- Para la técnica ecocardiografía transtorácica, los estudios localizados mostraron resultados a favor de su utilización en las Unidades de Cuidados Intensivos por su concordancia en la valoración del estado hemodinámico, función y gasto cardíaco comparada con varias técnicas evaluadas, entre ellas, el patrón de referencia. No se valoraron las posibles limitaciones relacionadas con la ausencia de mediciones de forma continua, del grado de hipoperfusión y de la estimación del tono vasomotor.
- Para la técnica doppler esofágico, un artículo incluido en la revisión que estudió la validez de la técnica en la determinación del gasto e índice cardíacos presentó valores poco precisos y un alto porcentaje de error de la técnica.
- Para la técnica de bioimpedancia-bioreactancia los estudios localizados mostraron concordancia de la técnica al compararla con otros dispositivos, salvo un artículo realizado en pacientes con sepsis.
- Las técnicas de monitorización hemodinámica no invasivas mostraron una baja incidencia de complicaciones.
- Sería necesaria la realización de estudios de alta calidad metodológica para determinar la efectividad de estas técnicas en el ámbito de las Unidades de Cuidados Intensivos.
- Dentro del horizonte temporal considerado, el sistema de monitorización mínimamente invasiva PICCO, es la técnica que supone un mayor coste por paciente para la determinación del gasto cardíaco, en comparación con el FloTrac/Vigileo, CAP (estándar de referencia) y doppler esofágico. No obstante, este mayor coste se vería compensado por las complicaciones derivadas de las técnicas de monitorización.

- La técnica doppler esofágico tiene un coste por paciente de 148,09 €, para la determinación del gasto cardíaco. Es la técnica que supone un menor coste por paciente comparada con las mínimamente invasivas (PICCO y FloTrac/Vigileo) y con la invasiva, CAP.

# Executive abstract

## **Justification**

Hemodynamic monitoring of patients admitted to the Intensive Care Unit provides health care professionals with relevant information on the state of perfusion and oxygenation of tissues and organs and serves as the basis for making and optimizing treatment decisions. The pulmonary artery catheter is considered the gold standard technique, although its use has declined due to complications and adverse events associated with it. Over the recent past, various techniques and less invasive devices aimed at reducing such complications have emerged. Currently, there are considerable differences of opinion regarding how to determine which is the best method for hemodynamic monitoring and whether one should be chosen over another, since each one has its advantages and disadvantages.

## **Objectives**

1. To determine the diagnostic accuracy of different techniques for non-invasive hemodynamic monitoring.
2. Descriptive analysis of adverse events directly related to hemodynamic monitoring based on non-invasive techniques as reported in the literature.
3. Estimate the health cost in intensive care unit.

## **Methodology**

A systematic review of the literature was run on reference databases that included Medline, EMBASE and Web of Knowledge, in addition to other sources such as Cochrane plus (systematic reviews and reports of Iberoamerican Agencies for Health Technology Assessment), Centre for Reviews and Dissemination (CRD), and Health Technology Assessment (HTA). Studies were selected when they involved adult patients admitted to the ICU following cardiac or vascular surgery, diagnosis of shock, or trauma patients who required hemodynamic monitoring and when such monitoring was based on non-invasive techniques. These cases were then compared with other cases that employed different monitoring techniques with regard to cost, spending measures heart rate using different measures of diagnostic accuracy (sensitivity, specificity, mean difference, accuracy, error, or limit agreement). The quality of studies was done with QUADAS and AMSTAR tools.

The estimated health costs associated with each of the procedures was performed from the perspective of the public health system, with a methodology aimed at estimating the direct healthcare resource consumption per patient, for the performance of both techniques and for the year 2012. A time horizon has been defined according to the procedure and clinical outcome to be obtained, ie, until the technology to study provide information on the patient's cardiac output. The selection of monitoring techniques included in the cost analysis was made according to criteria of availability and use in the Health System. So, we have included in the analysis, the Arteriosus Pulmonary Catheter (PAC) in the category of standard goal within the classification of invasive. As minimally invasive techniques of PiCCO and FloTrac Vigileo. In the group of the non-invasive technology esophageal Doppler mode.

## **Results**

We retrieved a total of 22 articles; two of them were systematic reviews. The error rate of non-invasive techniques ranged between 16.2 % and 65 %. In response to each of the techniques, the esophageal Doppler places that value in 58 % of the two items that assess esCCO, only one of them includes this value, placing it in 49 %, three papers used transesophageal echocardiography technology, ranged a percentage of error between 17.7 % and 49.3 %, among the 8 studies included of bioimpedance-biorreactance the error rate was ranged 17 % to 54 %. Finally, for the case of USCOM variability is greater, the values of the six papers included ranging between 16.2 % and 65 %.

The most striking result of this review is the paucity of articles published regarding the safety of non-invasive hemodynamic monitoring (only two narrative reviews). The articles related to this topic mention associated complications that are minor and infrequent.

## **Conclusions**

- The studies included in the review had a high heterogeneity in methodological quality, outcome measures used and the populations studied. The quality of evidence was generally moderate to low so that the findings should be treated with caution.
- For technical transthoracic echocardiography, localized studies showed results in favor of its use in intensive care units for their concordance in the assessment of hemodynamic status, cardiac function and compared with various techniques evaluated, including the gold standard. Not assessed possible constraints related to the

absence of continuous measurements, the degree of hypoperfusion and estimation of vasomotor tone.

- For esophageal Doppler technique, an article included in the review that studied the validity of the technique in determining the cardiac output and heart rate values presented inaccurate and a high percentage of error.
- For bioreactance bioimpedance techniques, localized studies showed concordance when compared with various techniques, unless an item performed in patients with sepsis.
- The techniques of noninvasive hemodynamic monitoring showed a low incidence of adverse events.
- It would be necessary to conduct high methodological quality studies to determine the effectiveness of these techniques at intensive care units.
- On the time horizon, the minimally invasive system monitorización PICCO, is the art that has a higher cost per patient for the determination of cardiac output, compared with FloTrac / Vigileo, CAP (reference standard) and esophageal Doppler. However, this increased cost would be offset by the complications of monitoring techniques.
- Esophageal Doppler technique has a cost per patient of €148.09, for the determination of cardiac output. It is the technique that is less costly per patient compared with minimally invasive (PICCO and FloTrac / Vigileo) and the invasive, CAP.



# Introducción

Los pacientes ingresados en las Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) requieren de la valoración estrecha de determinados parámetros clínicos (la presión arterial, la frecuencia cardíaca, la temperatura corporal, la saturación de oxígeno, entre otras medidas). Sin embargo, en determinados pacientes, además se necesita de la utilización de otros instrumentos que proporcionan más información sobre el estado hemodinámico del paciente sobre todo en aquellos inestables. Así, la monitorización hemodinámica se utiliza para la evaluación de fenómenos implicados en el proceso de perfusión y oxigenación tisular, ayudando al conjunto de profesionales sanitarios a entender la fisiopatología de los procesos hemodinámicos, proporcionando información relevante para la toma de decisiones sobre los tratamientos y la optimización de los mismos.

Las principales indicaciones de la monitorización hemodinámica se producen en pacientes con estados de bajo gasto cardíaco, como son pacientes en riesgo de hipovolemia (casos de deshidratación, hemorragias, quemaduras, traumatismos, entre otros), en casos de shock (séptico, cardiogénico, neurogénico, anafiláctico,...), alteraciones de la función cardíaca (insuficiencia cardíaca congestiva, infarto agudo de miocárdio o miocardiopatías) así como en pacientes en riesgo de desarrollar bajo gasto cardíaco tras ser sometidos a cirugía mayor de tipo cardíaco, abdominal, etc. Estas patologías, son frecuentes en las Unidades de Cuidados Intensivos, y de ahí la importancia de la monitorización en estas unidades.

La monitorización por sí misma no es una herramienta terapéutica, su utilización, por sí sola, no mejora los resultados de los pacientes, pero si a partir del uso racional de la información suministrada sobre el proceso tratado (1). Dicha información, ligada a unos objetivos terapéuticos, puede suponer modificaciones en la evolución de la enfermedad, generando, por tanto, beneficios para el paciente (2). Por todo ello, su uso constituye una herramienta de ayuda fundamental para la evaluación de pacientes, así como en el establecimiento del diagnóstico y como guía del tratamiento, especialmente en las UCI.

Las variables estudiadas en la monitorización hemodinámica son, entre otras, la frecuencia cardíaca (FC), la presión venosa central (PVC), la presión arterial media (PAM), la presión arterial diastólica (PD) y la presión sanguínea sistólica (PS). La inclusión de otras variables de flujo como es el caso del gasto cardíaco (GC), se considera fundamental para la valoración de la función cardíaca y la monitorización de la oxigenación de los

tejidos, alertando así sobre posibles casos de hipoxia, entre otros aspectos. El gasto cardíaco se define como el volumen de sangre impulsado por el ventrículo izquierdo hacia la aorta cada minuto, es decir el volumen de sangre que sale del corazón por minuto; siendo sus unidades L/min. Los valores adecuados para el varón adulto joven en reposo se sitúan sobre el 4-6 L/min y para la mujer, en torno al 10 % menos que en el varón.

En estudios experimentales se ha demostrado que el gasto cardíaco aumenta en proporción a la superficie corporal. En consecuencia, lo más adecuado sería utilizar el índice cardíaco (IC) en vez del gasto cardíaco, el cual es el resultado ajustar el gasto cardíaco a la superficie corporal de la persona; siendo sus unidades L/min/m<sup>2</sup>. La superficie corporal de una persona puede calcularse conociendo su altura y peso corporal, a través de nomogramas. Tanto el gasto cardíaco como el índice cardíaco se modifican con la postura del paciente, la edad, el efecto del metabolismo y el ejercicio.

En las patologías atendidas en UCI la administración de fluidos y fármacos vasopresores son claves en el tratamiento. Estas intervenciones, ampliamente utilizadas tanto en UCI como en quirófano, quedan incluidas dentro de los que se denomina optimización hemodinámica (3). Las estrategias de optimización hemodinámica han demostrado su utilidad en pacientes quirúrgicos de alto riesgo, mientras que su beneficio en pacientes ingresados en UCI, de forma general, está siendo sometido a un importante debate y estudio en la comunidad científica (3). La literatura científica señala que, en el curso del tratamiento del paciente, la monitorización debe realizarse lo antes posible para guiar la actuación a seguir, lo que se ha denominado terapia guiada por objetivos, y evitar posibles daños en órganos o tejidos, potencialmente irreversibles (4).

En esta línea, el trabajo de Hata, *et al.* (5) destaca que aquellos pacientes ingresados en UCI con diagnóstico de shock mostraron una mortalidad durante los primeros 28 días de ingreso del 22,8 %, y la mortalidad global del periodo de ingreso de 20,8 %, siendo estas probabilidades estadísticamente significativas ( $p < 0,001$ ) y superiores en aquellos pacientes que no tuvieron diagnóstico de shock 4,8 % y 6,9 %, respectivamente. Así, los pacientes con shock presentan una mayor mortalidad comparados con los que no presentan shock. Por todo ello, la evidencia científica señala que, en pacientes críticos con shock (hipovolemia absoluta o relativa), independientemente de su etiología, no intervenir sobre esta situación se muestra asociado a peores resultados clínicos.

En esta línea, en 2005 se publicó un meta-análisis realizado a partir de ensayos clínicos que tenía por objetivo evaluar el efecto de las técnicas hemodinámicas para la optimización hemodinámica. En sus resultados, se asoció el uso de técnicas de monitorización a una disminución del riesgo de

mortalidad (RR 0,75), siendo este descenso en la probabilidad de morir, mayor en el perioperatorio (RR 0,66). Por el contrario, aquellos pacientes que presentaron fallo multiorgánico no se beneficiaron de estas intervenciones (RR 0,92;  $p > 0,05$ ) (6).

## Técnicas disponibles

En los últimos años, se ha producido el desarrollo varias técnicas para la monitorización cardiovascular. Estas nuevas tecnologías varían ampliamente entre ellas; atendiendo a su carácter invasivo, se clasifican como invasivas, mínimamente invasivas y no invasivas. Según el seguimiento de la medición y la obtención de medidas, se clasifican en intermitentes o continuas; y cada una de ellas tiene sus propios principios básicos, métodos y costes. La mayoría de las técnicas están equipadas con dispositivos para la medición directa del gasto cardíaco, y en general conectadas a monitores que muestran variables primarias como la presión arterial y la frecuencia cardíaca. A partir de estos datos se calculan otras medidas indirectas que indican el estado de la perfusión tisular, determinantes del volumen sistólico: variables de precarga, postcarga y contractibilidad.

Las técnicas que se han denominado menos invasivas, podrían ser de mayor utilidad en los servicios de urgencias o en determinadas áreas hospitalarias para el tratamiento inicial del paciente, para valorar su evolución y decidir su ingreso o no en UCI, así como en aquellos pacientes en los que no se considere indicado su ingreso en el área de críticos por su enfermedad subyacente, pero que necesiten ser tratados y estabilizados. La elección de técnicas más invasivas va a depender de la patología del paciente.

La ecocardiografía y el doppler esofágico se pueden considerar en los pacientes donde exista una contraindicación para la implantación de un catéter intracardíaco.

Las técnicas de dilución transpulmonar que determinan los volúmenes intratorácicos y el agua extravascular pulmonar, se podrían considerar para guiar el tratamiento mediante fluidos, mejorar la función pulmonar y disminuir el tiempo de ventilación mecánica en la insuficiencia respiratoria aguda y el síndrome distres respiratorio agudo. En la sepsis grave y el shock séptico, parece más indicado optar por los sistemas que obtienen el gasto cardíaco mediante el análisis del contorno de la onda de pulso arterial, ya que proporcionan información acerca de la fase de shock en que se encuentra el paciente.

A continuación, se ofrece una descripción de las principales técnicas para la monitorización hemodinámica. Para la realización de esta clasificación se ha utilizado la elaborada en el documento publicado por

Mateu Campos (2012), que ordena las diferentes técnicas en función de su invasividad como métodos invasivos, mínimamente invasivos o no invasivos (7).

## Métodos invasivos

### Catéter de arteria pulmonar o de Swan-Ganz

El catéter de la arteria pulmonar (CAP) o de Swan-Ganz fue utilizado por primera vez en el año 1944, para la evaluación de la severidad de la enfermedad de la válvula mitral. Esta técnica llegó a ser la principal técnica para la medición del gasto cardíaco, llegando en los años 80 a sus mayores tasas de utilización. Posteriormente, la utilidad del CAP ha sido sometida a un intenso debate, debido fundamentalmente a la publicación de trabajos en los que su utilización no se asociaba a un beneficio en la supervivencia, incluso en alguno de ellos se asociaba a una mayor mortalidad (8-13) por el riesgo de yatrogenia. Todo ello, ha llevado a una disminución en su utilización desde los años 90 aunque actualmente sigue considerándose la técnica estándar de referencia (*gold standard*) para la evaluación hemodinámica.

El método de estimación del gasto cardíaco está basado en la termodilución transcárdica, según la ecuación de Stewart-Hamilton. Para ello, se inyecta un volumen de líquido (5 cc de suero salino) a temperatura inferior a la sanguínea, detectándose los cambios a lo largo del tiempo.

Un meta-análisis publicado en el año 2005 sobre la seguridad y eficacia del catéter de arteria pulmonar que incluía un total de 13 ensayos clínicos (5.051 pacientes sometidos a cirugía, ingresados en UCI con insuficiencia cardíaca avanzada, síndrome de distress respiratorio o sepsis), encontró que la utilización de esta técnica en pacientes críticos con las patologías descritas, no producía un aumento en el riesgo de mortalidad ( $p=0,59$ ) ni tampoco en la duración de la estancia hospitalaria ( $p=0,73$ ), pero sí una mayor administración de fármacos inotrópicos y vasodilatadores ( $p=0,002$  y  $p<0,001$ , respectivamente) (6).

En 2006 Harvey, *et al.*, realizaron una revisión para determinar la eficacia de la técnica en UCI sin especificar el tipo de pacientes y mostraron que el manejo clínico de los pacientes críticos con CAP no mejoró la supervivencia, ni redujo la duración de la estancia hospitalaria. La evaluación económica encontró que la retirada del CAP en el momento adecuado supondría un ahorro de coste de 2.985 £ por AVAC, mientras que el ahorro por año de vida ganado sería de 22.038 £ para el sistema sanitario. El informe concluye que la utilización adecuada de esta técnica podría suponer una ganancia en la supervivencia (10).

Igualmente, una revisión sistemática de la colaboración Cochrane publicada en 2013, evaluó la efectividad de la técnica en pacientes de UCI sin especificar el tipo de pacientes o analizar por subgrupos de patologías, en términos de estancia en UCI, estancia hospitalaria global y costes de la monitorización hemodinámica mediante el catéter de arteria pulmonar frente a la no utilización en pacientes adultos ingresados en UCI. Esta revisión que incluyó 13 ensayos clínicos y un total de 5.686 pacientes concluyó que el uso del catéter de arteria pulmonar no modificó la supervivencia, la estancia hospitalaria o en UCI ni el coste de los pacientes adultos ingresados en UCI (14).

## Métodos mínimamente invasivos

### Análisis del contorno de pulso arterial

El funcionamiento de estas técnicas requieren la inserción de un catéter arterial (por lo general en una arteria periférica como la radial o en la arteria femoral) que se conecta a un transductor de presión. Este conjunto de técnicas se basan en el principio que la presión de pulso (diferencia entre la presión sistólica y diastólica) es proporcional al volumen sistólico e inversamente proporcional a la distensibilidad aórtica. En la transformación a gasto cardíaco existen más de diez algoritmos diferentes, siendo estos algoritmos complejos y basados en varios modelos matemáticos (3,15,16). Además, las técnicas que utilizan el contorno de pulso arterial se diferencian según la periodicidad y el tipo de calibración (ya que algunas necesitan calibración manual, mientras que otros no precisan calibración externa), la localización de la canulación arterial, los parámetros analizados y la exactitud con la que determinan el gasto cardíaco.

La primera técnica comercializada fue el PiCCO® en 1997 (Pulsion, Munich, Alemania) que utilizó la termodilución transpulmonar para su calibración y utilizando un catéter en la arteria femoral. Posteriormente, se autorizó la comercialización de otras técnicas como el LiDCO (LiDCO Ltd., Cambridge, Inglaterra), en el año 2002 y en el 2004, FloTrac-Vigileo, (Edwards Lifesciences, Irvine, CA, USA) (17). La calibración de las técnicas PiCCO y LiDCO se realizan mediante termodilución y litio, respectivamente.

En cuanto a los modelos matemáticos de los sistemas de contorno de pulso: el FloTrac-Vigileo (Edwards Lifesciences) aplica un modelo empírico basado en la presión del pulso y el tono vascular. El PiCCO (pulsión) emplea un área de medición modelo Windkessel bajo la curva de presión. El LiDCO utiliza un enfoque similar al PiCCO, pero utiliza la raíz

cuadrada media (RMS), procedente de la curva de presión. El PRAM-MostCare (Vytech) calcula el área bajo pulsátil tanto la presión sistólica y diastólica curvas (18,19).

## Termodilución transpulmonar

La técnica PiCCO (PiCCO system; Pulsion Medical Systems AG, Munich, Alemania), utiliza la termodilución transpulmonar y requiere de un catéter venoso central con un sensor capaz de medir la temperatura de la solución inyectada y un catéter femoral que mide la presión arterial y los cambios de temperatura de la sangre. El volumen de suero inyectado depende del peso corporal del paciente. Esta técnica utiliza la ecuación de Stewart-Hamilton modificada para la obtención de parámetros y para su calibración, la termodilución arterial o transpulmonar. La literatura recoge que presenta una buena correlación cuando se compara con el catéter de arteria pulmonar, incluso cuando el gasto cardíaco es bajo.

La principal limitación de esta técnica es la alteración de la medición en circunstancias que puedan generar artefactos, como: las variaciones térmicas (interferencias por inyecciones de suero frío a través de catéteres venosos cercanos al catéter del sistema PiCCO), tratamientos de depuración (posible vía de recirculación del indicador térmico) y los shunt intracardíacos. Igualmente ocurre en pacientes con estenosis aórtica y aneurismas de aorta.

En cuanto a la seguridad de esta técnica, la literatura la identifica como técnica segura y sin mayor riesgo de complicaciones cuando se compara con el CAP o catéter de Swan-Ganz (20).

## Dilución de litio o litodilución transpulmonar

El sistema LiDCO plus (*Lithium Dilution Cardiac Output*), mide el gasto cardíaco a partir de una onda de dilución mediante la inyección de un bolo de cloruro de litio (0,002-0,004 mmol/kg) a través de un catéter venoso periférico o central.

Tras la administración de pequeñas cantidades de litio y la conexión del dispositivo al catéter, se detecta la concentración de litio en sangre arterial y el tiempo transcurrido desde su administración, calculando el gasto cardíaco usando el área bajo la curva de concentración-tiempo. Para la determinación del gasto cardíaco se utilizan los principios de Stewart-Hamilton similares a la ecuación de la termodilución transpulmonar (21).

La validación de la litodilución transpulmonar frente a la termodilución ha sido descrita en diferentes estudios y con diferentes

poblaciones. Una de sus ventajas que presenta esta técnica es que el litio no se encuentra en plasma sanguíneo de forma natural, esto permite la utilización de pequeñas cantidades de litio, evitando alcanzar niveles tóxicos de litio en el organismo y su análisis. La literatura describe los pacientes en los que no está indicado:

- Pacientes en tratamiento con litio, por causar sobreestimación de la medida del gasto cardíaco.
- Pacientes en tratamientos con relajantes musculares, ya que contienen sales y pueden producir artefactos en la medida.
- Pacientes con diagnóstico de shunt intra-cardíaco, por ser fuente de artefactos (alteraciones en la curva de dilución) que podría ocasionar errores de medida.

En cuanto a la seguridad de esta técnica, un estudio realizado entre 2003 y 2006 con 6.929 pacientes con diagnóstico de shock mostró que el uso de esta técnica se asocia a una menor probabilidad de muerte durante el ingreso en UCI (OR 0,43) y no encontrándose que el uso de las otras técnicas (catéter arterial pulmonar, catéter venoso central o sin monitorización) se asociase a una mayor mortalidad a los 28 días (OR 0,46) (5).

## Sistema FloTrac®/Vigileo®

Esta técnica utiliza el sensor FloTrac y el monitor Vigileo conectado a un catéter arterial radial o femoral. Esta técnica utiliza un algoritmo para proporcionar el gasto cardíaco continuo, para ello emplea datos de presión arterial, la edad, el sexo y el área de la superficie corporal. Esta técnica ofrece los datos con una frecuencia de 20 segundos. El sensor calcula el volumen sistólico a partir de la presión de pulso. Destacar que el algoritmo de FloTrac se ajusta continuamente, de acuerdo al tono vascular cambiante del paciente, no requiere una calibración manual (22).

En la literatura se encuentran resultados contradictorios sobre su precisión al compararlo con otros métodos (22), existiendo diferencias según el software utilizado (23). Las limitaciones para la medición del gasto cardíaco mediante este método son:

- Precisa validación en pacientes con resistencia vascular sistémica disminuida, por problemas relacionados con la morfología de la curva de presión arterial.

- Al igual que con el resto de técnicas que realizan un análisis del contorno de pulso, precisa validación en pacientes con dispositivos de asistencia ventricular, balón de contrapulsación intraaórtico, pacientes con regurgitación aórtica, durante los estados de shock y episodios de hipotermia (24), por problemas relacionados con la vasoconstricción periférica grave.

Se localizó un informe de la Agencia Canadiense de Tecnologías Sanitarias que evaluó la eficacia del Vigileo/FloTrac en pacientes sometidos a cirugía mayor abdominal. Este informe incluyó dos ensayos clínicos y concluyó que su uso se asoció tanto a una reducción significativa en el número de pacientes que desarrollaron complicaciones así como el número de complicaciones que desarrollaron dichos pacientes. No se encontraron resultados concluyentes en la reducción de estancia hospitalaria entre el grupo intervención y el grupo control y las diferencias relacionados con la estancia en UCI y la mortalidad no fueron estadísticamente significativas (25).

## Sistema Most Care

El sistema MostCare® de Vygon (Vytech, Padova, Italia) utiliza el método *Pressure Recording Analytical Method* (PRAM), basado en una versión modificada del algoritmo de Wesselings de análisis de la onda de pulso arterial. Se analiza la señal de pulso arterial antes de cada medición del gasto cardíaco (26).

Esta técnica se diferencia de otros algoritmos de análisis del contorno del pulso que calculan el área bajo la curva de la onda de pulso, tanto en la sístole como en la diástole y se utilizan estos parámetros para la obtención de medidas de la impedancia sistémica, entre otros parámetros hemodinámicos.

Para llevar a cabo el análisis mediante PRAM se requiere una alta resolución de la señal, y utilizar un muestreo de la señal a una velocidad de 1.000 Hz. Se ve afectado por las distorsiones de la onda arterial diastólica de las bombas de balón. El sistema de MostCare no requiere calibración, a diferencia de otras técnicas (27). El gasto cardíaco se presenta como el valor medio de 12 latidos (28).

# Métodos no invasivos

## Bioimpedancia-biorreactancia eléctrica torácica

La cardiografía de impedancia (ICG) o bioimpedancia se basa en la ley de Ohm que determina cambios en el contenido líquido torácico apoyado en cambios en la conductividad/resistencia a la propagación de un impulso eléctrico a través del tórax (29). Se requiere que el paciente tenga una anatomía normal de tórax y cuello, para la colocación de electrodos. El cálculo se realiza a partir de la velocidad de conducción de un estímulo eléctrico y la resistencia a la aplicación en el paciente. Entre sus limitaciones están que, para el cálculo del gasto cardíaco considera valores de estabilidad hemodinámica y existen diferentes fuentes de artefacto (3).

Con la utilización de la cardiografía de impedancia se obtienen los parámetros: gasto cardíaco, volumen sistólico, resistencia vascular sistémica, parámetros de contractilidad ventricular y estándar de volemia (contenido de fluido torácico). Las alteraciones en el voltaje y en la impedancia eléctrica torácica, se deben fundamentalmente a la variación del flujo sanguíneo en los grandes vasos y se traducen en los parámetros hemodinámicos descritos anteriormente (30).

En la literatura se indica que la exactitud de la medición del gasto cardíaco con cardiografía de impedancia está influenciada por la presencia de fluidos en el tórax, la existencia de arritmias, la aparición de inestabilidad hemodinámica, las alteraciones en el hematocrito y los errores de la técnica en la detección de la señal de impedancia (31,32). En el año 1999, Raaijmakers *et al.*, publicaron un metanálisis que incluyó a 154 estudios, concluyendo que la bioimpedancia podría ser de utilidad en el análisis de tendencias, pero que existe una escasa correlación en las medidas de gasto cardíaco, especialmente en determinadas poblaciones (33).

Posteriormente, se desarrolló el cálculo del gasto cardíaco basado en la biorreactancia. Este método se basa en el análisis del cambio de fase que se produce en la onda eléctrica de alta frecuencia que es emitida al tórax (a diferencia de la bioimpedancia que está basada en la medida de cambios de voltaje).

## Ecocardiografía y tecnología Doppler

En los últimos años, el uso de dispositivos basados en la tecnología doppler ha experimentado un crecimiento muy importante. Los fundamentos de esta tecnología se basan en el cambio que se produce en la frecuencia de una onda acústica cuando el emisor y/o el receptor se encuentran en

movimiento relativo. La tecnología consiste en la emisión de una onda con una frecuencia conocida a nivel cardíaco-vascular que choca con los eritrocitos en movimiento y se detecta por la presencia de una frecuencia diferente. A partir de estos fundamentos, existen diferentes instrumentos para la monitorización hemodinámica.

## Doppler transtorácico

El sistema más utilizado es el monitor USCOM, que fue introducido en la práctica clínica en el año 2001. Este sistema utiliza una sonda ciega sobre diferentes niveles del sistema cardiovascular (supraesternal, supraclavicular o paraesternal) buscando los flujos sanguíneos máximos a nivel del tracto de salida de la válvula aórtica y pulmonar. Las áreas de los tractos se calculan a partir de un algoritmo antropométrico. Con las velocidades y las áreas se pueden obtener las medidas de volumen sistólico, gasto cardíaco, índice cardíaco y resistencias vasculares. Este sistema requiere de aprendizaje específico por parte de los profesionales sanitarios para realizar una adecuada interpretación de los resultados (34).

## Doppler esofágico

Para el cálculo del gasto cardíaco, esta técnica utiliza un algoritmo que asume un flujo con proporción constante que abandona el corazón y continua bajando por la aorta torácica aunque esta estimación no es exacta en pacientes conscientes (35).

Existen distintos dispositivos de doppler esofágico comercializados por varias marcas, con diferentes características técnicas según funcionamiento y método de cálculo, siendo el sistema más utilizado el monitor CardioQ. La incorporación del eco-doppler esofágico en el manejo de los pacientes hemodinámicamente inestables se ha ido incrementando de forma significativa a lo largo de los últimos años (36).

Un metaanálisis publicado en el año 2004 con pacientes hemodinámicamente estables sometidos a bypass coronario, mostró que la medición del gasto cardíaco mediante el doppler esofágico tiene una alta validez para la monitorización de los cambios hemodinámicos y su seguimiento. En términos de concordancia, al comparar valores absolutos de esta técnica con otras como la termodilución, fue moderada, con una media de diferencias de 0,19 L/min (rango: -2,21; 2,33 L/min) (37).

Otro meta-análisis realizado a partir de una revisión sistemática de 5 ensayos clínicos (n=420 pacientes), puso de manifiesto en el manejo de la hipovolemia en pacientes intervenidos de cirugía mayor que el grupo que

utilizó el doppler registró menos complicaciones (OR: 0,28), menos ingresos en UCI (OR: 0,20) y menor tiempo para conseguir la tolerancia de dieta sólida en los pacientes (media de diferencias ponderada -1,66). No se encontraron diferencias significativas en la mortalidad y la necesidad de tratamiento con fármacos inotrópicos al compararlo con el tratamiento mediante fluidoterapia convencional guiada con los parámetros de frecuencia cardíaca, presión arterial, presión venosa central y diuresis (38).

En 2009 se publicó un informe que evaluaba mediante un meta-análisis con 10 ensayos clínicos, la efectividad y coste efectividad de la monitorización hemodinámica mediante el doppler esofágico; concluyó que su utilización se asociaba a un menor riesgo de mortalidad (OR: 0,13), menor número de complicaciones mayores (OR: 0,12), menor número de complicaciones totales (OR: 0,43) y una estancia hospitalaria inferior (media de diferencias -2,21 a -0,51) (39).

## Ecocardiografía

La ecocardiografía consiste en la aplicación de la tecnología de ultrasonidos en la evaluación de la morfología y hemodinámica cardíacas. Actualmente, es una técnica que forma parte de la rutina diagnóstica en cardiología, utilizándose en la exploración de la estructura y función cardíacas. Está siendo cada vez más utilizada para la monitorización hemodinámica por la posibilidad de monitorización a pie de cama, evitando molestias a los pacientes y ofreciendo gran información a tiempo real (40).

A pesar de ello, esta técnica presenta una limitación de uso como sistema de “monitorización hemodinámica”, ya que la medición no es continua, así como no evalúa el grado de hipoperfusión (por ejemplo, la saturación venosa central) y que no permite estimar el tono vasomotor.

La ecocardiografía bidimensional permite la visualización de las estructuras cardíacas (morfología, tamaño de las cavidades, válvulas, paredes cardíacas y presencia de masas en las cámaras), ofreciendo una información muy útil de carácter cualitativo (41). También mediante esta tecnología se puede obtener información sobre la dirección, flujo sanguíneo en las diferentes cámaras y grandes vasos (42). Esta técnica necesita entrenamiento de los profesionales que realizan el examen y el análisis de las imágenes obtenidas.

## Técnica esCCO

Otra técnica de monitorización hemodinámica es la técnica esCCO™ (Nihon Kohden, Tokyo, Japan), traducida como GCCE, que no se incluyó en la clasificación propuesta por Mateu Campos publicado en el año 2012 (de referencia en este informe). Sin embargo, se ha incorporado en este documento con el objetivo de proporcionar la mayor información posible a los profesionales.

Esta técnica realiza la determinación del gasto cardíaco continuo mediante los valores obtenidos de la pulsioximetría, la señal de electrocardiograma (ECG) de cada ciclo y de la onda de pulso periférico. El fundamento de esta tecnología se basa en la onda de pulso, que proporciona información relacionada con el tiempo (Tiempo de Tránsito de la Onda de Pulso PWTT), en la transmisión de la presión intravascular y en la información sobre el cambio de volumen de sangre arterial. Para la calibración de esta técnica se requiere de otra técnica de monitorización hemodinámica. En el trabajo realizado por Ishihara, *et al.* y Sugo, *et al.*, se registró una alta correlación entre la medición de gasto cardíaco determinada con esta técnica y la obtenida mediante termodilución (43,44).

# Justificación

Existe controversia sobre el método óptimo en la monitorización hemodinámica en las Unidades de Cuidados Intensivos. Este hecho se justifica porque cada alternativa muestra ventajas e inconvenientes. La elección de una u otra técnica de monitorización parece depender de variables relacionadas con el sistema de monitorización (ámbito, coste, etc.), los factores ligados al paciente y los ligados al personal sanitario que lo utiliza (conocimiento, experiencia, facilidad, etc.), entre otros (45).

Conocer si una técnica de monitorización hemodinámica muestra una alta correlación, precisión, exactitud y reproducibilidad con la técnica invasiva considerada estándar de referencia, podría proveer a los clínicos de una herramienta para la toma de decisiones en relación con la determinación de la técnica más adecuada para cada tipo de paciente. Por tanto, las técnicas de monitorización no invasivas podrían ser una alternativa en las Unidades de Cuidados Intensivos, por este motivo la Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias propuso la evaluación de la eficacia, seguridad y costes de las técnicas no invasivas de monitorización, en comparación con las técnicas de monitorización hemodinámica más utilizadas en el Sistema Sanitario.



# Objetivos

Con todo ello se intentó dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación:

¿Son las técnicas de monitorización hemodinámica no invasivas efectivas y seguras en la estimación del gasto cardíaco y/ o índice cardíaco en las Unidades de Cuidados Intensivos frente a las técnicas invasivas o mínimamente invasivas?

¿Qué técnica de monitorización hemodinámica es más eficiente para el Sistema Sanitario?

Para responder a estas preguntas hemos considerado que este informe deben cumplir los siguientes objetivos.

- 1. Determinar la validez diagnóstica de las diferentes técnicas de monitorización hemodinámica no invasivas.*
- 2. Realizar un análisis descriptivo de los eventos adversos recogidos en la literatura relacionados directamente con la monitorización hemodinámica mediante técnicas no invasivas.*
- 3. Estimar el coste sanitario directo de diferentes técnicas de monitorización del gasto cardíaco en UCI.*



# Material y métodos

## Metodología para el Objetivo 1

Para dar respuesta al objetivo específico número 1 se realizó una revisión sistemática de la literatura. Las bases de datos específicas consultadas en las búsquedas bibliográficas fueron: MedLine (a través de Ovid), Embase y Web of Knowledge.

Para maximizar la precisión de la búsqueda se diseñó una estrategia de búsqueda mediante tesauros, se utilizaron los términos MeSH (*Medical Subject Headings*) para la base de datos MedLine y Emtree, para la base de datos Embase. Posteriormente, para aumentar la exhaustividad, esta estrategia se complementó mediante términos libres. En el Anexo I se muestran las estrategias de búsqueda utilizada en las diferentes bases de datos.

Junto a éstas, se realizó una búsqueda mediante el término libre “*Hemodynamic*”, en las siguientes bases de datos: *Cochrane Plus* (revisiones sistemática e Informes de las Agencias de Evaluación de Tecnologías Sanitarias Iberoamericanas), *Centre for Reviews and Dissemination* (CRD) y *Health Technology Assessment* (HTA).

La búsqueda bibliográfica estuvo centrada en los últimos 5 años al producirse la proliferación de estudios sobre las técnicas de monitorización hemodinámica a partir de esta fecha.

Además, se realizó una búsqueda a través de referencias cruzadas de los documentos localizados e incluidos para su lectura a texto completo.

## Selección de estudios

Se establecieron los siguientes criterios de inclusión para los estudios originales o revisiones sistemáticas:

### **Criterios de inclusión:**

- **Tipo de pacientes:** adultos ingresados en las Unidades de Cuidados Intensivos que cumplieran al menos uno de los siguientes criterios: sometidos a cirugía vascular o cardíaca, con diagnóstico de *shock* (de cualquier tipo) y pacientes traumatológicos, con requerimiento de monitorización hemodinámica.

- **Tipo de intervención:** la intervención a considerar fue la aplicación de técnicas de monitorización hemodinámica no invasivas (ecocardiografía, doppler transtóraco, doppler esofágico, bioimpedancia-biorreactancia eléctrica torácica y esCCO).
- **Tipo de comparador:** otra técnica de monitorización, ya fuera no invasiva, mínimamente invasiva o invasiva.
- **Tipo de resultado:** estudios que comparasen las medidas de gasto cardíaco (L/min), índice cardíaco (L/min/m<sup>2</sup>), medidas de validez diagnóstica, (sensibilidad, especificidad, media de diferencias, precisión, concordancia).

#### **Criterios de exclusión:**

- Artículos publicados antes del año 2008 o en un idioma diferente al inglés o español.
- Editoriales, revisiones narrativas o cartas al editor.
- Estudios realizados en animales.
- Estudios con poblaciones contenidas en otros estudios.
- Estudios que evaluaran la capacitación y/o la participación de diferentes profesionales.
- Estudios no comparativos.

## **Estrategia de extracción de datos**

En cuanto al proceso de selección de artículos, el filtrado por título y resumen se realizó por dos revisores, de manera independiente, excluyendo los trabajos que no cumplieran los criterios de inclusión previamente descritos. Las posibles discrepancias fueron resueltas por consenso entre las dos personas que realizaron la revisión. En aquellos casos en los que el resumen de un artículo generó dudas, se procedió a su lectura a texto completo para determinar su inclusión o no.

Posteriormente, se procedió a la revisión de los artículos a texto completo. Para ello, los artículos seleccionados fueron recuperados y leídos a texto completo para valorar su inclusión o no en el informe. Las posibles discrepancias entre las personas que realizaron la revisión fueron resueltas por una tercera persona.

Todas las referencias recuperadas fueron descargadas e importadas al *software Reference Manager 10*. Para la extracción de los datos se elaboraron unas tablas “*ad hoc*” que se utilizaron para la organización resumida de los resultados conteniendo información sobre las principales características como el diseño de los estudios, la calidad metodológica y principales

resultados de los mismos, se adjuntan en el Anexo II. Los artículos excluidos tras la lectura a texto completo se muestran en el Anexo III, junto a los motivos de exclusión.

## Evaluación de calidad

Para la evaluación de la calidad metodológica de los estudios originales se utilizó la herramienta QUADAS (46,47). En el Anexo IV se incluye una tabla con las preguntas que componen la herramienta utilizada. Por otro lado, para la evaluación de la calidad metodológica de las revisiones sistemáticas se utilizó la herramienta AMSTAR (48), en el Anexo IV se adjunta una tabla con las preguntas que la componen.

## Metodología para el Objetivo 2

Para la cobertura del objetivo 2 centrado en la seguridad de las técnicas de monitorización hemodinámica no invasivas, se ha utilizado una metodología específica y complementaria a la empleada para el objetivo 1 sobre eficacia. Así, se realizó una revisión estructurada de la literatura en las bases de datos utilizadas para el objetivo 1 con una estrategia de búsqueda mediante tesauros: MedLine (a través de Ovid, en la que se utilizaron términos MeSH), Embase (con términos Emtree) y *Web of Knowledge*. En el Anexo I se muestran las estrategias de búsqueda utilizadas en las diferentes bases de datos.

Por otro lado, para este objetivo se ha considerado la información relacionada con la seguridad de los artículos incluidos para el objetivo 1. Se completó la búsqueda de estudios con la realización de una búsqueda a través de referencias cruzadas de los estudios incluidos para su lectura a texto completo.

## Selección de estudios

Los criterios de selección establecidos para la inclusión de estudios originales o revisiones (sistemáticas o narrativas), fueron los siguientes:

### **Criterios de inclusión:**

- **Tipo de intervención:** las intervenciones consideradas fueron las técnicas de monitorización hemodinámica no invasivas (ecocardiografía, doppler transtóricico, doppler esofágico, bioimpedancia-biorreactancia eléctrica torácica y esCCO).

- **Tipo de resultado:** trabajos en los que pudiera existir referencia aspectos relacionados con seguridad sobre el uso de las técnicas.
- **Tipo de publicación:** artículos originales, revisiones (sistemáticas o narrativas).

#### **Criterios de exclusión:**

- Artículos publicados antes del año 1996 o en un idioma diferente al inglés o español.
- Trabajos que no incluyeran resultados (protocolos de investigación), editoriales o cartas al director.
- Estudios realizados en población infantil o en animales.

## Estrategia de extracción de datos

Todas las referencias recuperadas fueron descargadas e importadas al *software Reference Manager 10*.

Para la realización de la primera selección de estudios atendiendo al título y al resumen de los trabajos recuperados, 2 revisores, de manera independiente realizaron una revisión y valoración de los trabajos atendiendo a los criterios de inclusión previamente descritos. Las posibles discrepancias en torno a la inclusión o no de estudios, fueron resueltas por consenso entre las dos personas que realizaron la revisión.

Dada la escasez de estudios, y con el propósito de asegurar la revisión del máximo número de trabajos posibles en los que pudiera existir referencia alguna o sospecha de referencia sobre eventos adversos relacionados con la utilización de las técnicas de estudio, dichos trabajos, pasaron a ser evaluados a texto completo. En los casos en los que la referencia a la técnica de monitorización no era incluida en el resumen, estos documentos se leyeron a texto completo.

En los casos donde la lectura a texto completo no se explicitaba la técnica de monitorización empleada en el estudio, se procedió a excluir el estudio asignándole como motivo de exclusión: resultados. Por otro lado, en aquellos otros casos en los que siendo la técnica no invasiva, no se incluían referencias de seguridad se excluyeron como motivo de exclusión: resultados.

Se realizó la síntesis cualitativa de los artículos incluidos que se presentan en el apartado resultados de este informe.

## Metodología para el Objetivo 3

La estimación del coste sanitario asociado a cada uno de los procedimientos se ha realizado desde la perspectiva del financiador o Sistema Sanitario Público, con una metodología dirigida a estimar el consumo de recursos sanitarios directos por paciente aplicable a la realización de una u otra técnica y relativo al año 2012.

El horizonte temporal a considerar en el uso de la técnica ha venido dado por las especificaciones técnicas y la variabilidad clínica del paciente en UCI. Así, se ha delimitado un horizonte temporal acorde al procedimiento y el resultado clínico a obtener, es decir, hasta que la tecnología a estudio ofrezca información sobre el gasto cardíaco del paciente. Esto permitirá, a su vez, realizar un análisis comparativo homogéneo, entre las diferentes técnicas de monitorización a considerar.

La selección de las técnicas de monitorización incluidas en el análisis de costes se ha realizado de acuerdo a criterios de disponibilidad y uso en el Sistema Sanitario. Así, se han incluido en el análisis, el Catéter Arterioso Pulmonar (CAP) en la categoría de estándar de referencia (*gold standard*) y dentro de la clasificación de técnicas invasivas. Como técnicas mínimamente invasivas, y de acuerdo a los criterios señalados anteriormente, se han incluido las técnicas PiCCO y FloTrac de Vigileo. En el grupo de las técnicas no invasivas, se ha incluido la tecnología Doppler en la modalidad esofágica.

El método de cálculo seleccionado ha tenido en cuenta los costes directos sanitarios asociados a la utilización de las técnicas en el horizonte temporal fijado en el análisis y según el estándar definido por el asesor clínico. Para la asignación de los conceptos de coste aplicables en cada una de las tecnologías, se ha procedido a observar *in situ*. Este método no incluye otros costes directos no sanitarios tales como gastos de administración general suministros del servicio, unidad o centro hospitalario o de la estructura, aplicables a las instalaciones, equipamientos o adecuación de espacios (en la Unidad de Cuidados Intensivos).

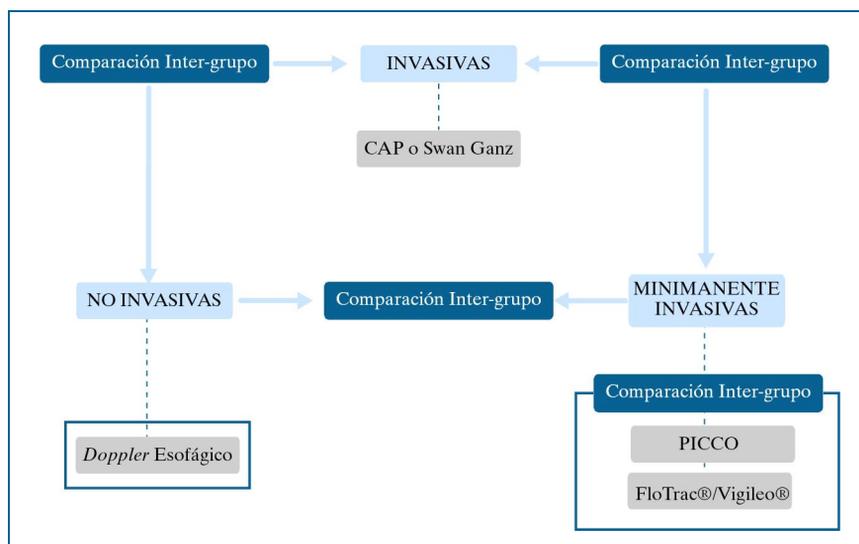
Los recursos sanitarios (conceptos de coste) a incorporar en el análisis han sido los siguientes:

- Material fungible.
- Fármacos.
- Pruebas diagnósticas.
- Personal sanitario (facultativo y no facultativo).

Para cada procedimiento, se han descrito las complicaciones más frecuentes y las que pueden suponer un mayor coste.

La cuantificación y comparación de costes sanitarios directos entre técnicas se ha realizado tal y como muestra la siguiente representación gráfica.

**Figura 1. Representación grafica del análisis comparativo de costes de las técnicas de hemodinámicas**



Las fuentes de información utilizadas para la estimación de los costes de cada uno de los recursos son las descritas a continuación:

- Coste del material fungible: Plataforma Provincial Logística Integral Granada-Jaén Sur y la Unidad de Gestión Clínica de Cuidados Intensivos del Hospital Virgen de las Nieves.
- Coste de farmacia: Unidad de Gestión Clínica de Cuidados Intensivos del Hospital Virgen de las Nieves.
- Coste de las pruebas diagnósticas: precios públicos de los servicios sanitarios prestados por Centros dependientes del Sistema Sanitario Público de Andalucía (BOJA 210, de 27.10.05) (49).
- Coste del personal sanitario (facultativo y no facultativo): retribuciones brutas anuales por categoría profesional: Resolución 0002/2012, de 23 de Enero de la Dirección General de Personal y Desarrollo Profesional sobre retribuciones de personal de centros e instituciones sanitarias para el ejercicio 2012 (50). Estas retribuciones incluyen los complementos por atención continuada, dada su posible magnitud en UCI. Asimismo, se ha incluido el 24 % de la cuota patronal a sufragar por el sistema.

# Resultados



# Objetivo 1

***Determinar la validez diagnóstica de las diferentes técnicas de monitorización hemodinámica no invasivas***

## Resultados de la búsqueda

En cuanto a los artículos referidos a la eficacia de las pruebas de monitorización hemodinámica, de las diferentes estrategias de búsqueda en las bases de datos referenciales se obtuvieron un total de 558 referencias, incluyendo los resultados de las búsquedas libres realizadas. Tras eliminar los artículos duplicados (n=76) y la lectura de título y resumen, se excluyeron un total de 479 artículos, ya que no cumplían los criterios anteriormente explicitados. Posteriormente, tras la obtención de los artículos a texto completo se procedió a la lectura, excluyéndose 64 artículos de los 79 incluidos en la primera revisión.

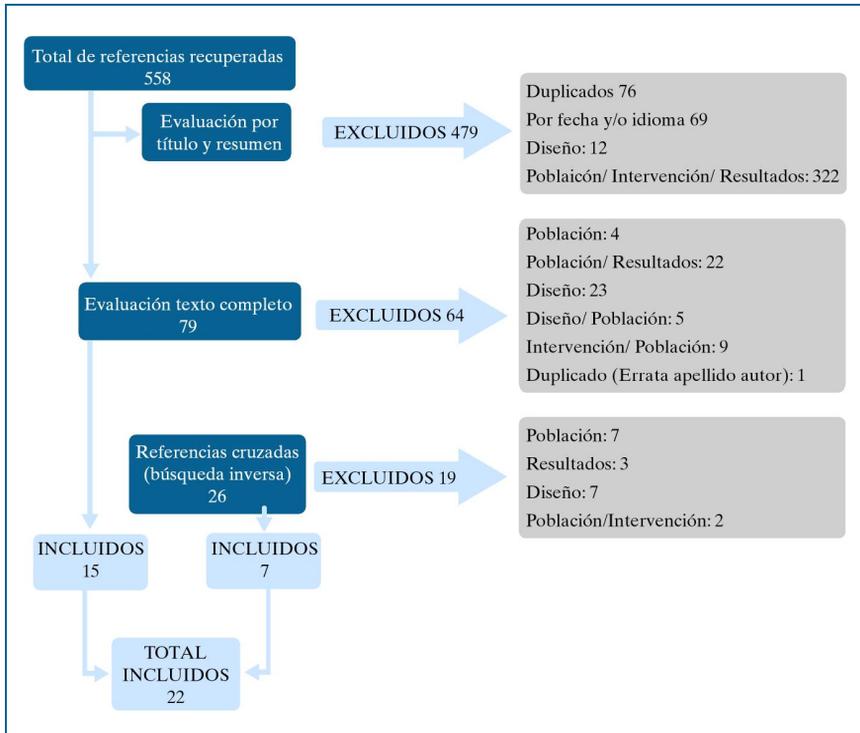
En cuanto a las búsquedas por término libre, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- En la base de datos de *Cochrane Plus* se identificaron 5 revisiones sistemáticas y 2 informes de tecnologías sanitarias aunque ninguno cumplió los criterios de inclusión definidos para este informe.
- En la Red Internacional de Agencias de Evaluación (INAHTA) se recuperaron 9 referencias, aunque ninguna cumplió los criterios de inclusión definidos para este informe.
- En la página web del *Center for Review and Dissemination* se recuperaron un total de 47 documentos, de ellos 10 se revisaron a texto completo, pero ninguno de ellos se cumplió los criterios de inclusión de este informe.

En relación a la revisión de referencias cruzadas de la bibliografía a texto completo, se recuperaron un total de 26 referencias para su lectura a texto completo. Se eliminaron 19 de estos artículos y se incluyeron 7 referencias en el informe.

En el Figura 2 se incluye el diagrama de la selección de referencias según los diferentes motivos de exclusión.

**Figura 2. Flujo de estudios sobre eficacia**



### Descripción de los artículos incluidos en la revisión

Se han incluido para esta revisión, un total de 22 artículos publicados entre 2008 y 2013, todos ellos en lengua inglesa, de los cuales, 20 de ellos son artículos originales y 2 revisiones sistemáticas. Se presentan a modo de resumen, unas tablas con los artículos incluidos atendiendo a la técnica de estudio (Tablas 1, 2, 3, 4 y 5).

En el Anexo V se han incluido, además, fichas de síntesis, que describen los artículos originales incluidos y en las que se detallan la metodología empleada, los resultados y las principales conclusiones de los estudios.

**Tabla 1. Tecnologías basadas en efecto Doppler: técnica Doppler esofágico**

Ref. Emplazamiento. N pacientes	Tipo de estudio	Procedimiento reclutamiento	Diagnósticos	C. Interes	PacEval/ TotPacientes	Media de las diferencias (L/min)	Precisión (L/min)	Límites de concordancia	% Error	Correlación
Chew, 2009, Singapur. UCI médica (12)	Validez	Pacientes incluidos de manera consecutiva	Pacientes con shock séptico con ventilación mecánica	No	Pacientes: 12/12 Pares de medidas: 97	0,26L/min/m <sup>2</sup>	± 1,44 L/min/m <sup>2</sup>	1,7 a -1,18 L/min/m <sup>2</sup>	58	0,76

**Tabla 2. Tecnologías basadas en efecto Doppler: técnica esCCO**

Ref. Emplazamiento o. N pacientes	Tipo de estudio	Procedimiento reclutamiento	Diagnósticos	C. Interes	PacEval/ TotPacientes	Media de las diferencias (L/min)	Precisión (L/min)	Límites de concordancia	% Error	Correlación
Yamada, 2012 Japón. UCI y quirófano (213)	Validez	ND	Cirugía cardíaca o vascular 180; Trasplante 23; otros 10	Sí	Pacientes 213 (139 de UCI). Pares de medidas: 587/588	0,13 (IC 95 % 0,04; 0,22 )	1,15 (IC 95 % -2,13 a 2,39)			0,79 (p<0,0001)
Bataille, 2012. Francia. UCI (38)	Concordancia	Todos los pacientes durante periodo de estudio	Edema pulmonar cardiogénico 11 %; Sepsis severa o shock septico 68 %; Neurológico 13 %; Intoxicación 8 % Ventilación mecánica: 47 %	No	Pacientes: 32/38	-1,6		-4,7 a 1,5	49	0,61 (p<0,0001)

Tabla 3. Tecnologías basadas en efecto Doppler: técnica ecocardiografía

Ref. Emplazamiento N pacientes	Tipo de estudio	Procedimiento reclutamiento	Diagnósticos	C. Interes	PacEval/ TotPacientes	Media de las diferencias (L/min)	Precisión n (L/min)	Límites de concordancia	% Error	Correlación
<b>McLean, 2011.</b> Australia. UCI (42)	Concordancia	Todos los pacientes durante periodo de estudio	Shock Séptico 24; Shock cardiogénico 10; Mezcla de Shock Séptico y cardiogénico 2; Shock obstructivo 1; Shock hemorrágico 1; otras causas 1.	Pac evaluables : 0,02	±0,80	-1,55 a 1,59	29,5	0,90 (p<0,001)	Pac evaluables : 0,02	±0,80
				Total pac: 0,35	±1,35	-2,3 a 3,0	49,3	0,73 (p<0,001)	Total pac: 0,35	±1,35
<b>Gunst, 2008.</b> Australia. UCI cirugía y traumatología (22)	Validez	Pacientes incluidos de manera consecutiva	Traumatismo 56 %; cirugía general 44 %	ND	Pares de medidas: 50/85	Mediana y rango intercuartilico: 3,5 (2,9, 4,5)				0,70 (p<0,001)
<b>Franchi, 2013.</b> Italia. UCI (49)	Concordancia	ND	Traumatismo	Si	Pares de medidas: 116/116	-0,06 (IC 95 % -0,19 a 0,07)		-0,94 a 0,82	17,7	0,94

**Tabla 4. Tecnologías basadas en efecto Doppler: técnica USCOM**

Ref. Emplazamiento N pacientes	Tipo de estudio	Procedimiento reclutamiento	Diagnósticos	C. Interes	PacEval/ TotPacientes	Media de las diferencias (L/min)	Precisión (L/min)	Límites de concordancia	% Error	Correlación
<b>Udy, 2012.</b> Australia. UCI (62)	Concordancia	Muestra de conveniencia	Ventilación mecánica 92 %, pacientes trauma 40,3 %, con sepsis 59,7 %	ND	Pacientes: 62	1,36	±2,51	-3,6 a 6,3	65	0,537 (p<0,001)
<b>Boyle, 2009.</b> Australia. UCI general y de cirugía (55)	Validez	Muestra de conveniencia	Sepsis 45 %, Postquirúrgicos 20 % y otras patologías 35 %	ND	Pacientes: 39/55 Pares de medidas: 92/110	0,6 L/min/m <sup>2</sup> (IC 95 % 0,4 a 0,8)			56 (IC 95 % 45 a 65)	(R2=0,33; p<0,001).
<b>Van Lelyveld-Haas, 2008.</b> Holanda. UCI (25)	Validez	Pacientes incluidos de manera consecutiva	Pacientes con inestabilidad hemodinámica	ND	Pacientes: 24/25; Pares de medidas 263	9 % (IC 95 % 7 a 11 %)		24 % (IC 95 % 20 a 28) a -43 % (IC 95 % -39 a -47)		0,80
<b>Thom, 2009.</b> Australia. UCI (94)	Validez		Principales: 71 % bypass coronario, 12 % sustitución de válvula cardíaca, 9 % bypass coronario y sustitución de la válvula cardíaca	ND	Pacientes: 89/ 94 medidas: 250	-0,09 (p=0,34)		±2,92		correlación intraclases 0,46 (IC 95 % 0,36 - 0,56)

**Tabla 4. Tecnologías basadas en efecto Doppler: técnica USCOM (continuación)**

Ref. Emplazamiento N pacientes	Tipo de estudio	Procedimiento reclutamiento	Diagnósticos	C. Interes	PacEval/ TotPacientes	Media de las diferencias (L/min)	Precisión (L/min)	Límites de concordancia	% Error	Correlación
<b>Jain, 2008.</b> USA. UCI quirúrgica (31)	Validez	ND	Pacientes quemados y traumatismo penetrante, neurocirugía, trasplante y pacientes quirúrgicos diagnosticados de sepsis	Fase 1 17 pacientes, pares de medidas: 60/60	Fase 1: 0,01 L/min/m <sup>2</sup>	±0,28 L/min/m <sup>2</sup>		16,2	0,97	Fase 1 17 pacientes, pares de medidas: 60/60
				Fase 2 14 pacientes, pares de medidas: 60/60	Fase 2: 0,06 L/min/m <sup>2</sup>	±0,40 L/min/m <sup>2</sup>		22,8	0,93	Fase 2 14 pacientes, pares de medidas: 60/60
<b>Horster, 2012.</b> Alemania. UCI médica (70)	Concordancia	Todos los pacientes durante periodo de estudio	Pacientes con sepsis y con ventilación mecánica, además de enfermedades: hematológicas 38, hepáticas 16; tumores 9; otras 7	ND	Pacientes: 68/70; Pares de medidas:126	-0,36	±0,99	-2,34 a 1,62	29	0,89

**Tabla 5. Tecnologías basadas en bioimpedancia-bioreactancia**

Ref. Emplazamiento N pacientes	Tipo de estudio	Procedimiento reclutamiento	Diagnósticos	C. Interes	PacEval/ TotPacientes	Media de las diferencias (L/min)	Precisión n (L/min)	Límites de concordancia	% Error	Correlación
<b>Fellahi, 2012.</b> Francia. UCI cirugía y cardiología (25)	Concordancia	Todos los pacientes durante periodo de estudio	Pacientes sometidos a cirugía cardíaca y con ventilación mecánica	Si	ND	0,08 (IC 95 % -0,11 a 0,27) L/min/m <sup>2</sup>	±0,68 L/min/m <sup>2</sup>	-1,26 a 1,42 L/min/m <sup>2</sup>	51	0,31 (p=0,026)
<b>Raue, 2009.</b> Alemania. UCI cirugía (30)	Concordancia	Todos los pacientes durante periodo de estudio	Pacientes con ventilación mecánica: 29; sepsis: 24; ARDS: 2; inestabilidad hemodinámica SIRS: 2	ND	Pacientes/ pares de medidas: 30/30	-0,3	± 1,91	-4,1 a 3,5	54	
<b>Mekis, 2008.</b> Eslovenia. UCI (16)	Validez	ND	Pacientes sometidos a cirugía cardíaca: Bypass coronario	Total (antes y durante inducción anestesia, y UCI) -0,21	0,68	-1,1 a 1,62	32	0,79	Total (antes y durante inducción anestesia, y UCI) -0,21	0,68
				UCI 0,26	0,78	-1,77 a 1,55	40	0,75	UCI 0,26	0,78

Tabla 5. Tecnologías basadas en bioimpedancia-bioreactancia (continuación)

Ref. Emplazamiento N pacientes	Tipo de estudio	Procedimiento reclutamiento	Diagnósticos	C. Interes	PacEval/ TotPacientes	Media de las diferencias (L/min)	Precisión n (L/min)	Límites de concordancia	% Error	Correlación
<b>Raval, 2008.</b> Francia y USA. Laboratorios de cateterización cardíaca, UCI médica y de cirugía (111)	Validez	ND	Pacientes con indicación de monitorización hemodinámica	ND	Pares de medidas: 111/111	(n=70) NICOM-PAC: -0,09 (IC 95 % -2,5 a +2,3)				0,78 (p<0,0001)
						(n=7) NICOM-BioZ p=0,01: NICOM-PAC p=0,78				
<b>Chakravarthy, 2009.</b> India. UCI cirugía postcardíaca (20)	Validez	Todos los pacientes durante periodo de estudio	Cirugía cardíaca (bypass coronario)	ND	Pares de medidas: 140/140	Flotrac vs Bioimpedanci a 0,02 L/min/m <sup>2</sup>	0,08 L/min/m <sup>2</sup>	-0,84 a 1,2 L/min/m <sup>2</sup>		
						CAP vs Bioimpedanci a 0,16 L/min/m <sup>2</sup>	0,08 L/min/m <sup>2</sup>	-0,93 a 0,16 L/min/m <sup>2</sup>		
<b>Gujjar, 2008.</b> India. UCI cardiología (35)	Validez	Todos los pacientes durante periodo de estudio	Cirugía cardíaca (Válvula mitral 34; bypass coronario 1) 20 pacientes con ventilación mecánica	ND	Pacientes 35/42 Pares de medidas: 197/197	0,065	±1,37	-1,44 a +1,3	26,44	0,85 (p<0,01)

**Tabla 5. Tecnologías basadas en bioimpedancia-bioreactancia (continuación)**

Ref. Emplazamiento o N pacientes	Tipo de estudio	Procedimiento reclutamiento	Diagnósticos	C. Interes	PacEval/ TotPacientes	Media de las diferencias (L/min)	Precisión (L/min)	Límites de concordancia	% Error	Correlación
<b>Sharma, 2011.</b> India. UCI cardiología (46)	Validez	Todos los pacientes durante periodo de estudio	Cirugía cardíaca (bypass coronario) con ventilación mecánica	ND	Pacientes 46/46; Pares de medidas 230	Durante intubación: 0,015	± 0,859	0,096 a 0,126	19,3	0,548 (p=0,0002)
						Durante respiración espontánea: -0,059	± 0,818	-0,166 a 0,046	17,3	0,469 (p=0,002)
<b>Marqué, 2009.</b> Francia. UCI de cirugía postcardíaca (29)	Validez	Pacientes incluidos de manera consecutiva	Cirugía (sustitución valvular 12; Injerto coronario 12; cirugía mixta) todos con ventilación mecánica	Si	ND	NICOM CAP:0,1 todos periodos; 0,0 estados estables	±1,5; todos periodos; ±1,0; estados estables		0,23 todos periodos, 0,17 periodos estables	
						NICOM/Vigileo: -0,1 todos periodos, -0,1 periodos estables	±1,8 todos periodos, ±1,2 periodos estables			

## Valoración crítica de los estudios incluidos

En el Figura 3, se muestra la distribución de la valoración de los diferentes ítems de la herramienta QUADAS de los artículos originales incluidos en la revisión. En el Anexo 6 se muestra las tablas detalladas para cada trabajo incluido en la revisión. A continuación, se destacan una serie de fortalezas y debilidades detectadas en torno a la calidad de los artículos revisados.

### Fortalezas

#### **Sesgo de verificación parcial y verificación diferencial**

En estos estudios se puede descartar la posibilidad de incurrir en el sesgo de verificación parcial y verificación diferencial. Este hecho se justifica porque todos los pacientes, independientemente del resultado de la prueba de referencia, se sometieron a la prueba a evaluar.

#### **Simultaneidad en la recogida de datos con la aplicación de las técnicas de monitorización**

En 15 estudios la realización de las técnicas de referencia y técnica a prueba fue de manera simultánea. En tres artículos (51-53) se afirma que existía un lapso de tiempo entre la realización de las pruebas y en otros dos no se pudo valorar si existía simultaneidad en la realización de las pruebas (54-55).

#### **Prueba de referencia**

La técnica de monitorización hemodinámica utilizada como de referencia (*gold standard*) fue en 12 estudios el catéter de arteria pulmonar, mientras que técnicas mínimamente invasivas se utilizaron en 7 estudios, tres estudios con la termodilución transpulmonar (56-58), 2 con Vigileo/FloTrac (59-60) y un trabajo con MostCare (61) y un estudio donde (62) se utilizó otra técnica no invasiva (ecocardiografía). Por último, un único estudio utilizó como técnica de referencia el catéter de arteria pulmonar y la termodilución no distinguiéndose los resultados según la prueba utilizada (52).

En todos los estudios analizados, aplican las diferentes técnicas de evaluación de manera independiente, por lo que una técnica no es utilizada para la calibración de la otra técnica.

## **Descripción de la población y la intervención**

En ocho de los estudios, los pacientes incluidos han sido sometidos a cirugía cardíaca (53,55,57,63-67) y solo tres incluyen específicamente pacientes en shock, (60,62,68). Además, en menos de la mitad de los estudios se incluyen pacientes sépticos los cuáles representan un porcentaje importante de pacientes críticos. En consecuencia, la población incluida en esta evaluación podría no ser representativa de un número significativo de pacientes ingresados en las unidades de cuidados intensivos que son candidatos a monitorización hemodinámica (pacientes en shock de diferentes etiologías incluyendo los pacientes con shock séptico).

Además, solo en algunos trabajos (52,54,59,69) no se ofrece una clara información sobre las características básicas de los pacientes, intervenciones realizadas y en varios de ellos la puntuación de algún score, como por ejemplo el SAPS2 (52,56,58,61-63), APACHE (54,58,59,66,68,70), SOFA (58) y ASA (67). En una amplia mayoría de los estudios se realizó una descripción de las intervenciones que se utilizaron en el estudio.

## **Enmascaramiento**

La mitad de los estudios realizaron un enmascaramiento de los resultados ofrecidos por las diferentes técnicas de monitorización, mientras que en nueve artículos no está totalmente definida la cuestión del enmascaramiento en cualquiera de los dos sentidos (52,57,59,61,63-65,67,69). En el estudio de Horster, (56) ambas pruebas fueron realizadas por un mismo profesional, lo cual podría traducirse en un sesgo de interpretación de las pruebas.

## **Análisis estadísticos**

Todos los artículos realizaron el análisis propuesto por Bland-Altman y utilizándose la media de las diferencias en gasto cardíaco como medida resultado, a excepción de un artículo (51).

## **Variabilidad interobservador**

Las técnicas basadas en doppler requieren aprendizaje específico para su realización e interpretación, lo que podría ocasionar algún sesgo en dicha interpretación en función de la formación del profesional que practica la técnica. Para minimizar este posible sesgo, en estos estudios se realizó una fase previa de entrenamiento en la realización de la técnica o se especificaba que las mediciones fueron realizadas por profesional con amplia experiencia en este campo.

## Debilidades

### **Relacionado con las pérdidas**

En varios estudios existe cierta incertidumbre sobre el manejo de las pérdidas de pacientes o de medidas durante la realización del estudio (53-55,59,61,63,64,66,70). Este aspecto puede tener importancia, ya que puede producir sesgos en la determinación del rendimiento diagnóstico. En este sentido solo un estudio ofreció el porcentaje de rendimiento diagnóstico (56).

### **Sujetos a estudio**

Los estudios se realizaron sobre un número relativamente pequeño de pacientes. Teniendo en cuenta el estudio empírico realizado por Fellahi, *et al.*, (57), que establece que el número mínimo de sujetos a estudios es 25, son cuatro los estudios que no alcanzaron ese número de pacientes a estudio (51,64,65,68,). El trabajo con mayor número de sujetos se realizó con 213 sujetos, de ellos 139 eran pacientes ingresados en una Unidad de Cuidados Intensivos (67). Todo ello limita la validez externa.

### **Cálculo de tamaño muestral**

Ocho estudios informaron de los detalles del cálculo de tamaño muestral (53,55,57,61,62,64,66,67), mientras que dos estudios fueron muestras de conveniencia (52,59).

En cuanto al proceso de reclutamiento de los pacientes, en ocho artículos no se pudo valorar el procedimiento utilizado para reclutar a los pacientes (56,61,64-67,69).

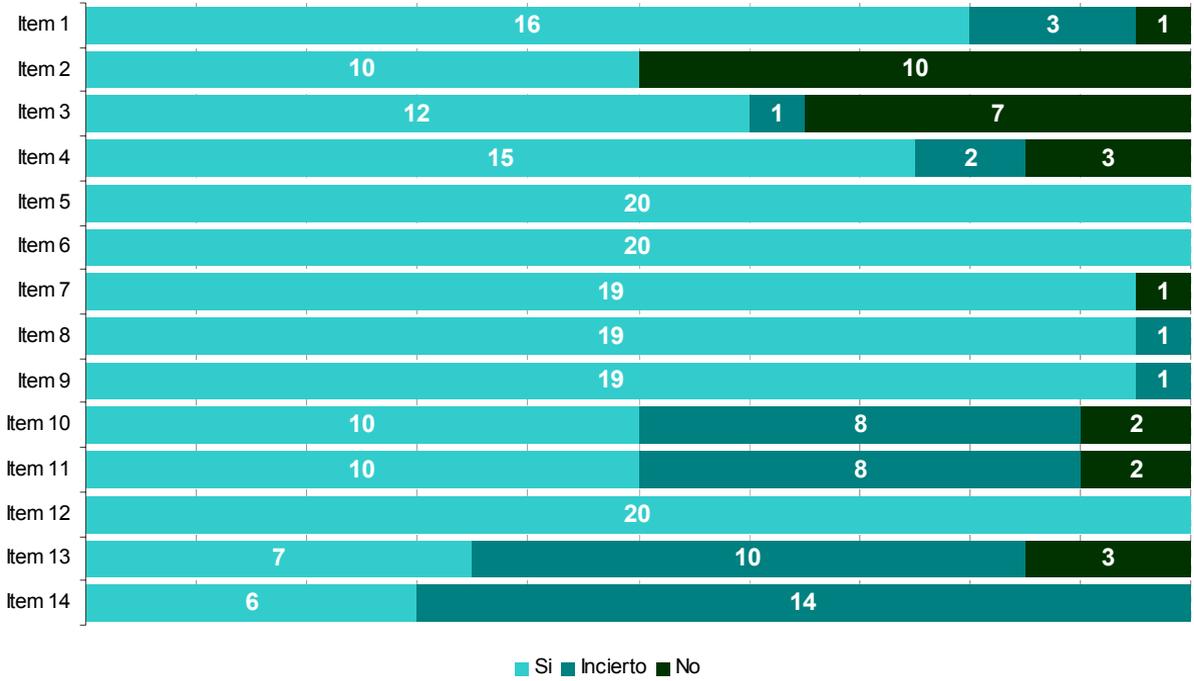


Figura 3. Evaluación del riesgo de sesgo en los estudios incluidos

## Eficacia de las técnicas de monitorización hemodinámica

A continuación se muestran los resultados de los estudios incluidos en la revisión relativos a la eficacia de las técnicas de monitorización hemodinámica. De los estudios incluidos, doce son los estudios de validez (51-55,64-70). Los resultados se presentan agrupados según la técnica de monitorización utilizada.

### Tecnologías basadas en el efecto Doppler

Sobre el uso de esta tecnología se han incluido un total de diez artículos, de los cuales un artículo realizaba una evaluación con la técnica del doppler esofágico (68), dos artículos utilizaron esCCO en sus mediciones (62,67), tres estudios que evaluaron la ecocardiograma (51,60,61) y seis de ellos utilizaron USCOM (52,54,56,59,66,70). Se incluye una revisión sistemática, publicada en 2012 (72).

#### **Doppler esofágico**

El estudio realizado por Chew, *et al.*, (68) estudió la validez en el gasto e índice cardíaco en 12 pacientes con ventilación mecánica entre las técnicas de doppler esofágico y catéter de arteria pulmonar (CAP) en población asiática. El gasto cardíaco medio obtenido con CAP osciló entre 2,87 y 11.0 L/min, y el valor medio del índice cardíaco se situó entre 1,73 y 6.36 L/min/m<sup>2</sup>. El rango de valores para el gasto cardíaco determinado con el doppler esofágico osciló entre 2,0 y 12.1 L/min, y el índice cardíaco entre 1,2 y 7.2 L/min/m<sup>2</sup>. Se obtuvo una buena correlación entre las medidas de gasto cardíaco entre ambas técnicas ( $r=0,762$ ;  $p<0,07$ ). La media de diferencias entre las medidas fue de 0,26 L/min/m<sup>2</sup> (rango comprendido entre 1,7 y -1,18 L/min/m<sup>2</sup>) (Tabla 1).

#### **esCCO**

Se incluyeron 2 trabajos de concordancia que hacían uso de esta técnica de monitorización (Tabla 2).

El estudio de Yamadag, *et al.*, (67) analizó la concordancia entre la técnica de esCCO y la termodilución en la medición del gasto cardíaco para pacientes ingresados en UCI y en quirófano. Registraron una buena correlación entre las técnicas utilizadas a ( $r=0,79$ ; IC 95 % 0,756 a 0,819;  $p<0,0001$ ). La media de diferencias fue de 0,13 L/min (IC 95 % 0,04 a 0,22 L/min) y la precisión 1,15 L/min (IC 95 % -2,13 a 2,39 L/min). No se encontró significación estadística en la media de diferencias de los valores de gasto cardíaco entre ambas técnicas así como en las diferentes medidas

en el tiempo ( $p=0,781$ ). El coeficiente medio de variación intra-sujeto fue del 13 %, con una desviación estándar de 7,1 %.

Por otro lado, el estudio de Bataille, *et al.*, (62) encontró una buena correlación al comparar esCCO con aquellas medidas realizadas mediante la ecocardiografía transtorácica ( $r=0,61$   $p<0,001$ ), aunque con un alto porcentaje de error (49 %). La media de diferencias fue de -1,6 L/min, con un límite de concordancia (-4,7; +1,5 L/min), siendo el porcentaje de error del 49 %. El valor medio del gasto cardíaco de todas las medidas mediante esCCO fue estadísticamente superior al obtenido por ecocardiografía transtorácica (7 y 5,6 L/min;  $p<0,0001$ ). Al analizar la concordancia en las medidas consecutivas de la variación de gasto cardíaco mediante esCCO y ecocardiografía transtorácica, se obtuvo un coeficiente de correlación significativo ( $r=0,63$ ;  $p<0,0001$ ), pero con una tasa de concordancia pobre (73 %). Así, en el 27 % de las medidas, las variaciones de gasto cardíaco mostraron una relación inversa, es decir mientras se registraba una variación negativa con una técnica la medición con otra técnica era positiva.

### **Ecocardiografía**

Se localizaron tres artículos de concordancia que evaluaban la concordancia de la ecocardiografía transtorácica frente a las técnicas de FloTrac/Vigileo, el catéter de arterial pulmonar (CAP) y el MostCare (Tabla 3).

El trabajo realizado en Australia por McLean, *et al.*, (60) incluyó a 53 pacientes, de los que posteriormente se excluyeron a 11 pacientes por problemas cardíacos (arritmias  $n=5$  y patologías de la válvula aórtica  $n=6$ ), siendo 42 pacientes los evaluables. El trabajo muestra dos tipos de análisis, por un lado un análisis que incluye a las 53 personas inicialmente incluidas, y por otro, excluyendo al grupo de pacientes con problemas cardíacos. Así, resultados sobre gasto cardíaco medio para el grupo de pacientes evaluables ( $n=42$ ) obtenido con la tecnología de FloTrac/Vigileo fue de  $5,43 \pm 1,83$  L/min mientras que con ecocardiografía transtorácica de  $5,41 \pm 1,63$  l/min La media de diferencias fue de  $0,02 \pm 0,80$  (-1,55 a 1,59) L/min, con un porcentaje de error del 29,5 %. Cuando se consideraron a los pacientes excluidos ( $n=53$ ) los resultados fueron para FloTrac/Vigileo y ecocardiograma transtorácico  $5,65 \pm 2,0$  L/min y  $5,30 \pm 1,60$  L/min, respectivamente, siendo la media de diferencias fue de  $0,35 \pm 1,35$  (-2,3 a 3,0) L/min, con un porcentaje de error del 49,3 %. Además se hicieron análisis para determinar diferencias en el error según sexo, superficie corporal y edad, no encontrándose diferencias significativas ( $p<0,05$ ).

En el estudio elaborado por Gunst, *et al.*, (51) se incluyeron a 22 pacientes, de los que se obtuvieron 85 pares de medidas. El coeficiente de correlación de las medidas entre el ecocardiograma y el catéter de arteria pulmonar fue de 0,70 ( $p<0,001$ ). Esta correlación significativa ( $p=0,021$ ) se

mantuvo al categorizar los resultados obtenidos por paciente según el nivel alcanzado de índice cardíaco en tres categorías (bajo, normal y alto).

El artículo de Franchi, *et al.*, (61) incluyó a 49 pacientes con traumatismo y se les evaluó dentro de las 24 primeras horas de admisión en UCI con las técnicas de ecocardiografía transtorácica y análisis del contorno de pulso con MostCare. Encontró un rango de valores del gasto cardíaco para la ecocardiografía de 2,9 a 7,6 L/min, mientras que para la técnica MostCare fueron 2,8 a 8,2 L/min. La media de diferencias fue 0,06 L/min con un límite de concordancia entre -0,94 y 0,82 L/min, siendo el porcentaje de error de 17,7 %. También este estudio presentó un análisis atendiendo a la intervención/ tratamiento a la que se sometió al paciente: (Grupo A) fluidoterapia; (Grupo B) fluidoterapia más tratamiento farmacológico con norepinefrina y (Grupo C) solo tratamiento farmacológico con norepinefrina, obteniéndose unos resultados similares de correlación a los obtenidos a nivel basal.

### **Ultrasonografía doppler (USCOM)**

Son seis las publicaciones incluidas que utilizan esta técnica y la comparan con FroTac/ Vigileo, termodilución, catéter de arteria pulmonar y termodilución transpulmonar (PiCCO) (Tabla 4).

En cuanto a los estudios que evaluaron USCOM frente al catéter de arterial pulmonar se encontraron dos artículos. El primero de ellos realizado por Van Lelyveld-Haas, *et al.*, (70) en Holanda con 25 pacientes sedados. Obtuvieron un total de 1.315 mediciones con USCOM, de las cuales se utilizaron para los análisis de medias de diferencias, precisión y correlación 263 pares de medidas. Las mediciones del gasto cardíaco oscilaron entre 1,1 a 11 L/min, siendo la media de 6,06 L/min. En cuanto al índice cardíaco, la media fue de 2,7 L/min/m<sup>2</sup> (ds  $\pm$ 0,7), con un rango entre 0,6 a 4,8 L/min/m<sup>2</sup>. Los valores de gasto cardíaco mediante USCOM se estabilizaron un 9% (IC 95 %: 7 a 11 %) por debajo del valor de gasto cardíaco obtenido por el catéter de arteria pulmonar. Igualmente, los límites de concordancia se estabilizaron entre +24% (IC 95 %: 7 a 11 %) y -43 % (IC 95 %: -39; -47 %). Estas diferencias se ajustaron por sexo, IMC, edad y temperatura. El coeficiente de correlación entre el índice de correlación entre USCOM y catéter de arteria pulmonar fue  $r=0,80$ .

El otro estudio llevado a cabo por Thom, *et al.*, (66) se realizó en Australia con 94 pacientes, de los que se excluyeron a 5 pacientes por errores en la lectura de la técnica USCOM. El valor medio de gasto cardíaco obtenido de las 250 medidas mediante USCOM en los 84 pacientes fue de 5,5  $\pm$ 1,4 L/min, siendo de 5,6  $\pm$  1,4 L/min las obtenidas por el catéter de arterial pulmonar. En cuanto a la media de diferencias de gasto cardíaco entre las dos técnicas fue de -0,09 L/min, estando el límite de concordancia  $\pm$ 2,92, siendo la correlación intraclases de 0,46 (IC 95 % 0,36 a 0,56). Al analizar los cambios

de gasto cardíaco se observó que en el 50 % de los casos el gasto cardíaco medido con el catéter de arterial pulmonar varió en la misma dirección y magnitud dentro del  $\pm 15\%$  que el medido por la técnica Doppler. En total, 62 % de los cambios medidos fueron en la misma dirección y el 65 % de los cambios estuvieron  $\pm 15\%$  de aquellos medidos mediante USCOM frente a los registrados por el catéter de arterial pulmonar.

El estudio de Jain, *et al.*, (54) incluyó a un total de 31 pacientes durante dos momentos diferentes. El estudio se divide en dos fases, la primera de ellas al realizar las mediciones mediante USCOM no existía enmascaramiento a los resultados obtenidos mediante la técnica del catéter de arteria pulmonar. Por el contrario en la segunda fase se realizó enmascaramiento a las mediciones. En la fase I, la media de los valores de índice cardíaco mediante catéter de arteria pulmonar y USCOM fueron de  $3,47 \pm 1,28$  L/min/m<sup>2</sup> y  $3,46 \pm 1,27$  L/min/m<sup>2</sup>, situándose el límite de concordancia en 16,2 %, y en la fase II del estudio fueron  $3,53 \pm 1,06$  L/min/m<sup>2</sup> y  $3,47 \pm 1,03$  L/min/m<sup>2</sup>, con un límite de concordancia del 22,8 %, respectivamente. En cuanto a la media de diferencias entre las técnicas, en la fase I fue de  $0,01 \pm 0,28$  L/min/m<sup>2</sup> y en la fase 2 de  $0,06 \pm 0,40$  L/min/m<sup>2</sup>, mientras que las correlaciones fueron de 0,97 y 0,93, respectivamente.

Boyle, *et al.*, (52) realizó la comparativa con termodilución, para la que incluyó a 55 pacientes. Se excluyeron a 18 pacientes (16 %) ya que no se pudieron obtener medidas mediante doppler, obteniéndose un total de 39 pares de medidas. El valor medio del índice cardíaco de las medidas obtenidas con termodilución fue 3,4 (ds  $\pm 1,0$ ), oscilando entre 2 y 6 L/min/m<sup>2</sup>. El índice cardíaco mediante USCOM mostró una correlación significativa con las medidas tomadas por termodilución ( $R^2=0,33$ ;  $p<0,001$ ). La media de diferencias fue 0,6 L/min/m<sup>2</sup> (IC 95 % 0,4 a 0,8), siendo el porcentaje de error del 56 % (IC 95 % 45 a 65 %).

El estudio realizado por Udy, *et al.*, (59) en Australia incluyó a 62 pacientes sépticos y traumatológicos, donde se compararon las medidas de gasto cardíaco obtenidas mediante Vigileo y USCOM. Se encontró una diferencia significativa entre los valores medios de gasto cardíaco entre Vigileo y USCOM  $8,20 \pm 2,65$  L/min y  $6,84 \pm 2,57$ , respectivamente; ( $p<0,001$ ). Igualmente, la correlación entre las medidas tomadas por ambas técnicas fue de  $r=0,537$  ( $p<0,001$ ). La media de diferencias y precisión fue de  $1,36 \pm 2,51$  L/min, siendo el límite de concordancia de -3,6 a +6,3 L/min entre las dos pruebas. El porcentaje de error se situó en el 65 %. Además, realiza un análisis segmentado entre los pacientes con sepsis y aquellos con traumatismo donde obtiene una buena correlación de las medidas entre los pacientes con sepsis, ( $r=0,639$ ;  $p<0,001$ ). La media de diferencias y precisión fueron  $1,25 \pm 2,17$  L/min, siendo el límite de concordancia de 3,0 a 5,5 L/min y el porcentaje de error del 59 %. Por último, en los pacientes

traumatológicos, se obtuvo una pobre correlación ( $r=0,373$ ;  $p=0,066$ ), siendo la media de diferencias y precisión de  $1,53 \pm 2,98$  L/min, el límite de concordancia de 4,3 a 7,4 L/min y el porcentaje de error fue del 73 %. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos según diagnóstico o administración de fármacos vasopresores ( $p > 0,05$ ). Por último, se encontró un valor bajo en la media de las diferencias y en el análisis por sexo ( $p=0,023$ ).

Horster, *et al.*, (56) analizó un total de 126 pares de medidas de 70 pacientes que presentaban sépsis y que requerían tratamiento farmacológico con catecolaminas guiado por las técnicas de USCOM y PiCCO. El valor de la mediana de gasto cardíaco obtenido mediante USCOM fue de  $6,5 \pm 2,18$  L/min, y  $6,55 \pm 2,19$  L/min, fue la mediana de gasto cardíaco para la técnica PiCCO, obteniéndose una correlación entre lecturas  $p=0,89$  ( $p<0,01$ ). La media de las diferencias fue de  $-0,36 \pm 0,99$  L/min, estando el límite de concordancia entre  $-2,34$  y  $1,62$  L/min

Por último, una revisión sistemática con meta-análisis llevada a cabo por Chong y Peyton publicada en 2012 (72), incluyó estudios que comparasen la exactitud entre USCOM y la termodilución por bolo a través de mediciones simultáneas. Se excluyeron a aquellos estudios que para cada paciente consideraban varias medidas y no realizaban algún ajuste estadístico para controlar este efecto, independientemente de donde se realizará el estudio (quirófano o UCI). Así, se incluyeron 6 estudios, que suponen un total de 320 pares de medidas, y al realizar el meta-análisis obtuvieron una media de diferencias entre las técnicas de  $-0,39$  L/min (IC 95 %  $-0,25$  a  $-0,53$  L/min). La precisión fue  $1,27$  L/min y el porcentaje de error del 42,7 % (IC 95 % 38,5 - 46,9 %).

## Bioimpedancia-bioreactancia

Se incluyeron un total de 8 artículos que evaluaron la concordancia de las medidas de bioimpedancia-bioreactancia con diferentes técnicas. Son tres los estudios que comparaban la bioimpedancia con termodilución (53,55,65); uno con el sistema PiCCO (58), y otros cuatro, utilizan tres o más técnicas: Fellahi, *et al.*, (57) compara con las técnicas de termodilución y análisis del contorno de pulso PiCCO; Raval *et al.*, (69) utiliza junto a la bioimpedancia y bioreactancia, el método Fick y el catéter de arteria pulmonar; Marqué, *et al.*, (63) con FloTrac/Vigileo y catéter de arteria pulmonar; y por último, destacar el trabajo de Chakravarthy, *et al.*, (64) que utiliza la tecnología de bioimpedancia aplicada con la técnica de pletismografía, para compararla con termodilución y FloTrac/Vigileo. También se incluyó una revisión sistemática publicada en el año 2010 por Peyton y Chong, *et al.*, (73) (Tabla 5).

El estudio realizado en Eslovenia por Mekis, *et al.*, (65) publicado en 2008, recogió los datos, por pares de medidas, durante la intervención de cirugía cardíaca y durante su ingreso en UCI. Así, se incluyeron 150 pares de medidas, 29 de ellas en UCI, provenientes de 16 pacientes. Un total 10 pares de medidas se perdieron por problemas en la detección de la señal de la impedancia. La media de las diferencias entre ambas técnicas fue de -0,21 L/min, límite de concordancia -1,77 a 1,35, una precisión de 0,78 y una correlación de 0,75. Igualmente, en cuanto a las 29 pares de medidas realizadas en UCI, se encontró una media de la diferencias de 0,26, límite de concordancia -1,1 a 1,62, una precisión de 0,68 y una correlación de  $r=0,75$ . Por último, el porcentaje de error en el total de muestras fue del 40 % y del 32 % en UCI.

El estudio de Chakravarthy, *et al.*, (64), realizado en la India con pacientes sometidos a cirugía cardíaca, compararon el índice cardíaco medido mediante el catéter de arteria pulmonar, FloTrac y bioimpedancia. El valor medio de índice cardíaco obtenido osciló entre 1,6 y 3,6 L/min/m<sup>2</sup>. En cuanto a los parámetros de validez diagnóstica resultante de las técnicas, al comparar la pletismografía de bioimpedancia corporal frente al catéter de arteria pulmonar y Flotrac, se obtuvieron una media de diferencias de 0,16 L/min/m<sup>2</sup> (límite de concordancia -0,93 a 0,16) y 0,18 L/min/m<sup>2</sup> (límite de concordancia -0,84 a 1,2), respectivamente. En cuanto a la precisión para ambas comparaciones fue de  $\pm 0,08$  L/min/m<sup>2</sup>. Al realizar las comparaciones entre las técnicas que requieren el uso de un catéter, se encontró una diferencias de medias de 0,02 L/min/m<sup>2</sup> (límite de concordancia -0,84 a 1,2), con una precisión de  $\pm 0,06$  L/min/m<sup>2</sup>.

Dos estudios evaluaron utilizando el dispositivo NICOM: Gujjar, *et al.*, (53) y Sharma, *et al.*, (55), ambos realizados en la India. Gujjar *et al.*, (53) estudia a 35 pacientes que han sido sometidos a una cirugía cardíaca. La media del gasto cardíaco obtenido mediante bioimpedancia fue  $5,15 \pm 1,27$  L/min y de  $5,22 \pm 1,28$  L/min para la obtenida mediante termodilución. Así, se obtuvo una alta correlación ( $r=0,856$  ( $p<0,01$ )) y bajo porcentaje de error (26,44 %). La media de las diferencias del gasto cardíaco entre las técnicas fue 0,0651 L/min, siendo en valores absolutos la bioimpedancia inferior en una media de 65 ml/min. El límite de concordancia al 95 % se situó entre 1,3 y 1,44 L/min y la precisión fue  $\pm 1,37$  L/min. No se encontraron diferencias en las mediciones de gasto cardíaco según las variables de ventilación asistida del paciente, tratamiento con inotrópicos o balón aórtico. Por último, la correlación entre las 2 medidas de índice cardíaco fue alta ( $r=0,789$ ,  $p=0,01$ ).

Sharma, *et al.*, (55) incluyó a 46 pacientes sometidos a cirugía de bypass coronario. Se comparó el gasto cardíaco mediante bioimpedancia y catéter de arteria pulmonar, estas medidas se tomaron durante la ventilación mecánica del paciente y a las 2h de retirarse dicha ventilación.

Las mediciones registradas durante la ventilación mecánica, situaron el valor de la media de la bioimpedancia en  $4,43 \pm 0,94$  L/min (rango: 1,70 y 6,90 L/min), mientras que media de la termodilución fue  $4,45 \pm 0,85$  L/min (rango: 2,29 y 6,74 L/min). La media de diferencias fue de 0,015 L/min y la precisión 0,859 L/min, con un límite de concordancia 0,096 a 0,126 L/min, siendo el porcentaje de error del 19,3 %. Igualmente, durante la respiración espontánea, la media del gasto cardíaco mediante termodilución fue  $4,66 \pm 0,76$  L/min (rango: 2,66 y 6,92 L/min), mientras que la media de bioimpedancia fue  $4,72 \pm 0,82$  L/min (rango: 3,08 y 6,90 L/min). La media de las diferencias -0,059 L/min, precisión 0,818 L/min, con un límite de concordancia 0,166 a 0,046 L/min, siendo el porcentaje de error del 19,3 %.

Por otro lado, el estudio de Raval *et al.*, (69) incluyó 111 pacientes de cinco centros diferentes, dos de ellos eran unidades de cuidados intensivos. En cuanto a los resultados de las UCI incluidas en el estudio, se encontró una alta correlación entre los valores obtenidos mediante termodilución y la técnica NICOM ( $r=0,78$   $p<0,0001$ ), no encontrándose diferencias estadísticamente significativas ( $p=0,55$ ) con respecto al tipo de UCI. La media de diferencias entre las técnicas fue de -0,09 L/min, encontrándose un coeficiente de variación muy constante entre los tres centros, siendo significativamente menor para las mediciones obtenidas mediante NICOM ( $p<0,001$ ). La bioimpedancia infraestimó los valores para largos periodos de tiempo y tendió a mostrar un alto grado de variabilidad. El gasto cardíaco promedio de estos 7 pacientes fue  $5,4 \pm 2,1$  L/min para termodilución y  $5,4 \pm 1,4$  L/min mediante NICOM ( $p=0,78$  vs. CCO) y  $2,7 \pm 0,80$  L/min para bioimpedancia ( $p=0,01$  vs. CCO).

El estudio realizado por Marqué, *et al.*, (63) en Francia, incluyó a 29 pacientes que fueron sometidos a cirugía cardíaca programada que requirieron la utilización de un catéter de arteria pulmonar. Se compararon la precisión en los valores de gasto cardíaco mediante el FloTRac/Vigileo, el catéter de arterial pulmonar y la técnica de bioimpedancia NICOM. Los valores medio de gasto cardíaco fueron para la termodilución 4,9 L/min (ds  $\pm 1,8$ ), Vigileo 5,0 L/min (ds  $\pm 1,3$ ) y NICOM 4,8 L/min (ds  $\pm 1,1$ ), siendo esta última medida estadísticamente significativa. La correlación de NICOM y Vigileo con la termodilución fueron 0,77 ( $p > 0,05$ ) y 0,69 ( $p<0,05$ ), respectivamente. Se realizaron las comparaciones de gasto cardíaco en dos momentos diferentes: uno de ellos con las medidas obtenidas sobre el total del periodo y otro, con un periodo estable (inclinación  $<10$  %, ds/media  $<20$  %). Los resultados muestran que: NICOM-catéter arterial pulmonar (0,1 L/min (ds  $\pm 1,5$ ) y 0,0 L/min (ds  $\pm 1,0$ ); NICOM-Vigileo (-0,1 L/min (ds  $\pm 1,8$ ) y -0,1 L/min (ds  $\pm 1,2$ ); Vigileo-catéter arterial pulmonar (-0,1 L/min (ds  $\pm 1,2$ ) y 0,1 L/min (ds  $\pm 0,9$ ), respectivamente para todos los periodos y los periodos estables respectivamente.

En relación al trabajo que utilizó en su comparación y como sistema de referencia el sistema PiCCO, se encuentra el realizado por Raue, *et al.*, (58,69) que incluyó a 30 pacientes evaluando 30 pares de medidas tomadas mediante bioimpedancia eléctrica torácica/ velocímetro eléctrico y termodilución transtorácica. La media de las diferencias entre las mediciones de gasto cardíaco entre las técnicas empleadas fue de 0,31 L/min, con una precisión del  $\pm 1,91$  L/min y unos límites de concordancia (LOA) -4,1 y 3,5 L/min El porcentaje de error entre ambas técnicas fue del 54 %.

Por otro lado, el estudio de validación desarrollado por Fellani, *et al.*, (57) incluyó a 25 pacientes ingresados en UCI tras una cirugía cardíaca. Se realizaron mediciones simultáneas del índice cardíaco mediante termodilución transpulmonar, PiCCO y bioimpedancia. La técnica de termodilución se utilizó para la calibración de la técnica de análisis de pulso de onda y fue considerada la técnica de referencia. Así, se consideró una media de tres medidas consecutivas durante el ciclo respiratorio. A cada paciente se le registraron dos pares de medidas, antes y después de la administración del fluido con las diferentes técnicas. En cuanto a las medidas basales, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de índice cardíaco medios de las técnicas de monitorización, encontrándose una débil relación entre las mediciones tomadas por termodilución y bioimpedancia ( $r=0,31$ ;  $p=0,026$ ). La media de las diferencias entre el índice cardíaco tomada por termodilución y bioimpedancia fue de 0,08 (L/min/m<sup>2</sup>), con un IC 95 %: -0,11 a 0,27, precisión 0,68 (L/min/m<sup>2</sup>) y límites de concordancia entre -1,26 y 1,42 (L/min/m<sup>2</sup>). Porcentaje de error entre termodilución y bioimpedancia fue de 51 %.

Por último, una revisión sistemática que comparaba diferentes técnicas frente a la termodilución transpulmonar. Peyton PJ y Chong SW, en el año 2010 (73), publicaron una revisión sistemática con meta-análisis que incluyó estudios que comparaban la exactitud y precisión de las diferentes técnicas de monitorización hemodinámica y utilizaron como comparador la termodilución transpulmonar. Este meta-análisis incluyó un total de 47 estudios, para cada técnica se incluyó el resultado sobre el porcentaje de error del análisis del contorno de pulso (número de estudios=24) con un porcentaje de error del 41,3 %, doppler esofágico (número de estudios=2) porcentaje de error del 42,1 %, reinhalación del dióxido de carbono parcial (número de estudios =8) porcentaje de error del 44,5 % y bioimpedancia transtorácica (número de estudios =13) con un porcentaje de error del 42,9 %. Igualmente, se encontró que la media de las diferencias, la precisión y el porcentaje de error se mostraron pequeños, excepto para el doppler esofágico. Así, este estudio concluye que ninguno de estos cuatro métodos ha demostrado la concordancia esperada del 30 %.



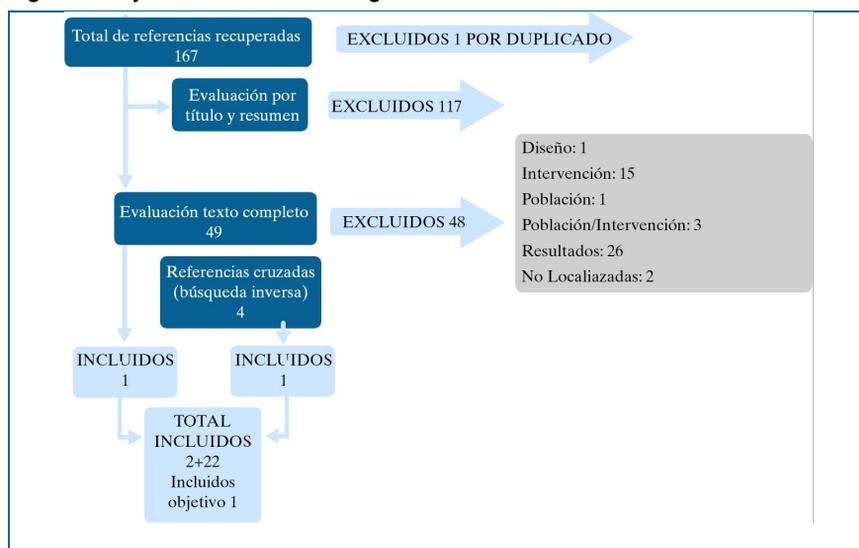
## Objetivo 2

**Realizar un análisis descriptivo de los eventos adversos recogidos en la literatura relacionados directamente con la realización de la monitorización hemodinámica mediante técnicas no invasivas**

Para este objetivo se tuvieron en cuenta los artículos incluidos en el primer objetivo. Además, de las diferentes estrategias de búsqueda empleadas, se recuperaron un total de 167 referencias para su revisión; una de ellas se consideró duplicado, al tratarse de un artículo incluido en el objetivo 1. De estas referencias, 26 de ellas se correspondían con comunicaciones en congresos o jornadas científicas, de las que en la mayoría de los casos, únicamente se disponía del texto incluido como resumen, por lo que no ha sido posible su valoración a texto completo. Tras la evaluación por el equipo revisor de los trabajos por título y resumen, se excluyeron un total de 117 referencias ya que no se ajustaban al objetivo propuesto para esta revisión, pasando a revisión a texto completo 49 trabajos, incluyéndose finalmente un artículo. Por otro lado, de las referencias cruzadas se revisaron 4 artículos a texto completo, incluyéndose finalmente una referencia en la revisión.

En la Figura 4 se muestra el proceso seguido para la revisión y selección de artículos, indicando en los trabajos revisados a texto completo, el motivo de exclusión.

**Figura 4. Flujo de estudios sobre seguridad**



A continuación se presentan los resultados según tecnologías y técnicas desde la perspectiva de seguridad.

### **Tecnologías basadas en el efecto Doppler**

La revisión realizada por Laupland, *et al.*, (74) sobre los aspectos técnicos y prácticos del doppler esofágico, señala que a la aplicación de esta técnica se le asocian pocas complicaciones y requiere de un mínimo entrenamiento del personal clínico para la obtención adecuada de la señal. Así, los autores refieren que existe poca información sobre este sentido en la literatura, señalándose únicamente el trabajo de Singer, *et al.*, (75) en el que estudió a 500 pacientes y en sus resultados no se registró complicación alguna derivada de la técnica.

Igualmente, la revisión narrativa realizada por Hüttemann, *et al.*, (76) sobre diferentes aspectos de la ecocardiografía transesofágica, señala que la principal fuente de complicaciones asociadas a esta técnica está relacionada con la colocación de la sonda ya que puede producir lesiones leves locales aunque señala la posibilidad de adquirir mayor importancia estas complicaciones en los pacientes con determinada comorbilidad como las coagulopatías. Señala además, la necesidad de aprendizaje del equipo clínico para la utilización de la técnica.

Continuando con la determinación de eventos adversos asociados al uso de la ecocardiografía transesofágica, realizó una síntesis de la información localizada en 21 artículos publicados entre 1991 y 2004 (n=2508 pacientes) realizados en las Unidades de Cuidados Intensivos, Unidades de Cardiología y Servicios de Urgencia y Cuidados Críticos. Así, encontró que en 61 pacientes (2,6 %) se produjeron complicaciones de diferente tipo aunque ninguna de ellas se asoció con la mortalidad. En la Tabla 6 se describen las complicaciones y el número de pacientes.

Destacar que en esta revisión se incluyó el ensayo clínico prospectivo aleatorizado realizado por Aviv *et al.*, con 159 pacientes adultos para determinar la incidencia de lesiones en la hipofaringe, comparando el paso de sonda transesofágica bajo visualización directa con cámara con el paso de sonda habitual. El número de perforaciones y lesiones en hipofaringe en 80 pacientes con sonda habitual fue de 27 lesiones hipofaríngeas en 19 pacientes y ninguna perforación. Las lesiones fueron catalogadas como 11 laceraciones superficiales del seno piriforme, 1 laceración de la faringe, 12 hematomas de aritenoides, 2 hematomas de las cuerdas vocales y 1 hematoma del seno piriforme. Por el contrario, en el paso de sonda transesofágica bajo visualización directa con cámara, se produjo una laceración superficial en la zona del seno piriforme (1,3 %), de los 79 pacientes.

**Tabla 6. Descripción de las complicaciones de la ecocardiografía transesofágica**

Categoría	Detalles	N.º pacientes
Vía aérea	Desplazamiento del tubo a traquea (n=1), aspiración pulmonar durante la exploración (n=1)	2
Ventilación	Fallo respiratorio (n=1), hipoxia transitoria (n=4)	5
Circulación	Hipotensión (n=15), hipertensión (n=4), aumento de la presión arteria pulmonar (n=1)	20
Arritmias	Flutter, fibrilación auricular (5), extrasístole ventricular (n=1)	6
Paro Cardíaco	Circunstancias no especificadas (n=1), debido a interrupción del tratamiento inotrópico, con exitosa maniobra de resucitación cardiopulmonar– no relación con TEE (n=1)	2
Convulsiones	Tipo Gran mal	1
Vómitos		1
Tos		7
Lesión de la mucosa orofaríngea	Lesión superficial de la mucosa (n=1), sangrado autolimitado en la cavidad oral (n=15), sangrado en región orofaríngea (n=1)	17
<b>Total</b>		<b>61 (2,6 %)</b>

En relación a los artículos incluidos en el objetivo 1, el trabajo realizado por Chew, *et al.*, (68) señala como comentario en sus conclusiones que, por lo general, el procedimiento de utilización de doppler esofágico es seguro con un mínimo complicaciones registradas, no ofreciéndose más información al respecto.

### ***Doppler transtorácico***

Sobre la técnica de Ultrasonografía doppler (USCOM), las referencias sobre seguridad mencionadas en los artículos incluidos en el objetivo 1, estuvieron relacionados con un bajo porcentaje de errores en la señal o detección insatisfactoria de la señal, trabajos de Van LeLyveld-Haas, *et al.*, (70), Boyle, *et al.*, (52), Udy, *et al.*, (59), Horster, *et al.*, (56). Por el contrario, únicamente Van LeLyveld refirió que no se produjeron eventos adversos asociadas al uso de la técnica.

Para la técnica esCCO, utilizada en los trabajos de Yamada, *et al.*, (67) y Bataille, *et al.*, (62), no hicieron referencias la seguridad de la técnica.

### **Tecnologías basadas en la bioimpedancia-bioreactancia:**

En torno al uso de la tecnología de bioimpedancia–bioreactancia, en los trabajos originales incluidos en el objetivo 1, Sharma, *et al.*, (55) y Raue, *et al.*, (58) indicaron explícitamente que no se produjeron complicaciones. En cuanto a la calidad en torno a la detección de la señal, en el trabajo de Mekis, *et al.*, (65) comentó que se produjeron problemas de señal, lo que condujo a algunas pérdidas de medidas, por el contrario el estudio de Fellani, *et al.*, (57) se indica que la calidad de la señal ofrecida por la técnica de bioimpedancia fue excelente para todos los pacientes.



# Objetivo 3

***Estimar el coste sanitario directo de diferentes técnicas de monitorización del gasto cardíaco en UCI***

A continuación se presenta una descripción de los procedimientos, recursos consumidos, y sus implicaciones en términos de coste, de cada una de las técnicas de monitorización del gasto cardíaco en UCI, según la clasificación descrita en la metodología correspondiente a dicho objetivo.

## Técnica de monitorización invasiva

### Método de termodilución transcárdica: catéter de arteria pulmonar (CAP) o de Swan-Ganz

La monitorización con catéter de arteria pulmonar es el procedimiento considerado estándar de referencia (*gold standard*) en la medición del gasto cardíaco. Esta técnica utiliza un catéter que va desde el lado derecho del corazón hasta la arteria pulmonar, con el fin de monitorizar el paso de sangre a través del corazón y vigilar la función cardíaca en pacientes críticos. Esta técnica permite calcular variables hemodinámicas, como el gasto cardíaco, mediante termodilución transcárdica.

El método de termodilución emplea la teoría del cambio de temperatura. A través de un termistor, o medidor de temperatura en su porción distal, que está en contacto con la sangre a nivel de la arteria pulmonar, es capaz de detectar cualquier cambio de temperatura que se produzca a este nivel.

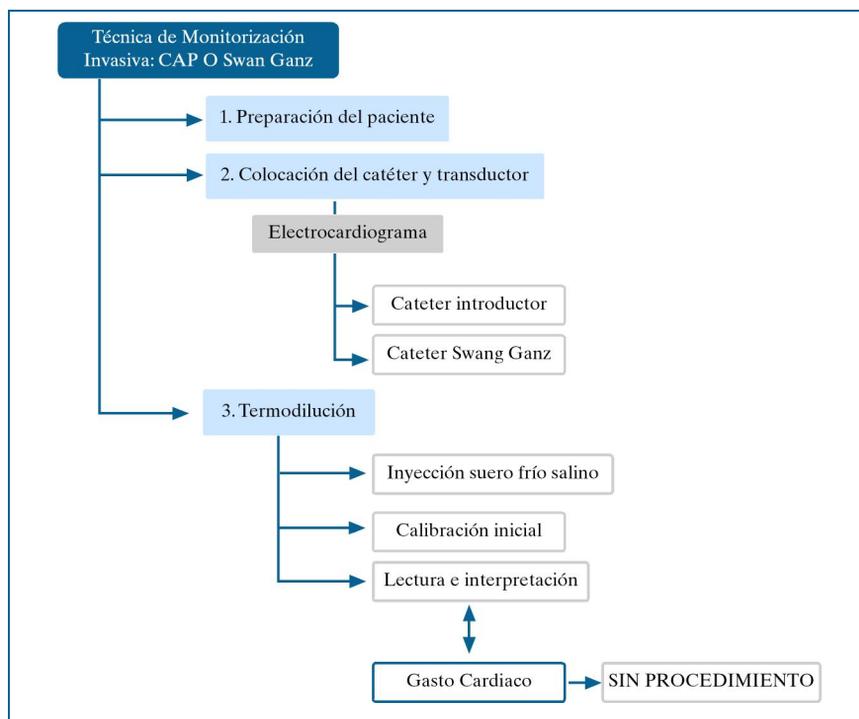
El sistema de monitorización a través del catéter lo integran básicamente tres elementos: el catéter, el transductor de presión y el monitor.

- El catéter transmite presiones intravasculares y sus cambios, desde el interior del vaso al exterior.
- Los transductores son instrumentos que transforman una señal mecánica (la presión ejercida sobre una membrana o diafragma por la columna de líquido que proviene del catéter intravascular) en una señal eléctrica, que se transmite al monitor.

- El monitor amplía esta señal eléctrica que sale del transductor, pudiéndose visualizar en la pantalla la morfología de las distintas ondas de presiones que estamos midiendo (presión arterial, presión venosa central...) así como los valores numéricos de presión.

El tiempo medio estimado para llevar a cabo el procedimiento es de 25-30 minutos.

**Figura 5. Esquema de procedimiento de la técnica de monitorización invasiva CAP o Swan-Ganz**



### Preparación del paciente

El personal de enfermería es el encargado en UCI de preparar al paciente, el equipo y todos los accesorios para su monitorización. Para ello, se aplica un antiséptico tópico (clorhexidina) en el lugar de la punción.

El personal facultativo se viste con la ropa quirúrgica estéril y prepara también al paciente con el paño estéril. Habitualmente no requiere sedación, solo el anestésico local.

Esta primera parte del procedimiento del CAP tiene un coste asociado de 45,84 €, correspondiente a recursos de personal, farmacia, y fungible de un solo uso o varios usos (Tabla 7).

**Tabla 7. Recursos en preparación del paciente**

Concepto de coste	Unidad de coste	Coste
RRHH	Tiempo	Coste
Personal Enfermería	10 minutos	3,83 €
Personal Facultativo	10 minutos	6,59 €
Farmacia	Unidades	Coste
Clorhexidina	20 - 30 ml	1,56 €
Fungible un uso	Unidades	Coste
Gorro	1	0,015 €
Mascarilla	1	0,035 €
Guantes estériles	1	0,018 €
Gasas estériles	2 paquetes	0,033 €*
Fungible varios usos	Unidades	Coste
Bata estéril algodón, paño estéril y sábana estéril	1 Kit	2,97 €
Paño grande	1	30,85 €
<b>Total coste</b>		<b>45,84 €</b>

\* Coste por unidad: 0,0165 €

### Colocación del catéter y transductor

Antes de que el facultativo coloque el catéter de arteria pulmonar, verifica la integridad del dispositivo, calibra los equipos de presión y conecta los cables al monitor.

Durante la inserción del catéter el personal de enfermería es responsable de la vigilancia y seguridad del paciente, por lo que se encuentra presente durante la duración del procedimiento.

Inicialmente se inserta un catéter de mayor grosor, denominado catéter-introductor, en una vena central, habitualmente la vena yugular. A través de este catéter-introductor, se introduce el catéter de arteria pulmonar o de Swan-Ganz, que es llevado hasta la aurícula derecha y entra a través de las válvulas tricúspide y pulmonar para ubicarse en la arteria pulmonar. Una vez en la arteria pulmonar, el catéter debe discurrir por sus ramas de bifurcación hasta que quede situado en un vaso de menor calibre.

Durante el procedimiento, se vigilan constantemente el ritmo cardíaco del paciente con un electrocardiograma (ECG) y las distintas presiones intracavitarias.

El coste asociado al proceso de colocación del catéter y transductor es de 237,84 €, para pacientes estables, y de 243,05 € en aquellos pacientes inestables. La diferencia entre ambos costes, se debe al tiempo empleado por el personal facultativo en la inserción del catéter y transductor, 10 minutos en paciente inestables frente a 5 minutos en pacientes estables. (Tabla 8).

<b>Tabla 8. Recursos en la colocación del catéter y transductor</b>				
Concepto de coste	Unidad de coste		Coste	
RRHH	Tiempo		Coste	
	Paciente estable	Paciente inestable	Paciente estable	Paciente inestable
Personal Enfermería	5 minutos	10 minutos	<b>1,92 €</b>	<b>3,83 €</b>
Personal Facultativo	5 minutos	10 minutos	<b>3,29 €</b>	<b>6,59 €</b>
Farmacía	Unidades		Coste	
Anestesia local	2 ml		<b>0,17 €</b>	
Fungible un uso	Unidades		Coste	
Transductor de presión	1		<b>52,46 €</b>	
Catéter Swan-Ganz	1		<b>180,00 €</b>	
Total coste paciente estable			237,84 €	
Total coste paciente inestable			243,05 €	

## Termodilución

La técnica de termodilución es una de las más utilizadas en las unidades de UCI por la simplicidad en la inserción del catéter de Swan-Ganz.

Un volumen de suero salino a 0° es introducido a través del catéter de Swan-Ganz en aurícula derecha. El suero se mezcla con la sangre a través de la aurícula y ventrículo derecho. A nivel de la arteria pulmonar la mezcla se completa, provocando un descenso de la temperatura de la sangre, en función del volumen sanguíneo. El termistor del catéter, situado en la arteria pulmonar, detecta el cambio de temperatura producido y, de acuerdo al principio de Fick, estima el volumen de sangre en que se ha diluido, esto es, el gasto cardíaco que se presenta en el monitor. Este sistema requiere múltiples calibraciones, cada vez que se desee conocer las variables hemodinámicas. No obstante, los catéteres de arteria pulmonar, disponibles en la actualidad, no requieren de calibraciones manuales con suero frío. En su lugar poseen un filamento que queda situado en el ventrículo derecho que de forma automática y periódica calienta la sangre, realizando termodiluciones y estimaciones del gasto cardíaco de manera semicontinua.

El monitor tarda unos 5 minutos en dar la información del gasto cardíaco.

Todo este proceso tiene un coste asociado de 17,15 € (Tabla 9).

**Tabla 9. Recursos en termodilución**

Concepto de coste	Unidad de coste	Coste
<b>RRHH</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Coste</b>
Personal Enfermería	15 minutos	5,75 €
Personal Facultativo	15 minutos	9,88 €
<b>Fungible</b>	<b>Unidades</b>	<b>Coste</b>
Jeringas	3	0,058*
<b>Farmacia</b>	<b>Unidades</b>	<b>Coste</b>
Suero fisiológico	500 ml	0,67 €
Heparina	1.000 – 5.000 ui	0,83 €
<b>Total coste</b>		<b>17,15 €</b>

\* El coste de cada jeringa por unidad es de 0,0196 €.

Así, el coste total del procedimiento de la Técnica de Monitorización Invasiva CAP o Swan Ganz es de 300,88 euros, en pacientes estables, y 306,09 en pacientes inestables (Tabla 10). La partida de fungible de un solo uso, es el recurso sanitario que supone un mayor coste (232,58 euros).

**Tabla 10. Coste total del Procedimiento del catéter de arteria pulmonar o Swan Ganz**

Concepto de coste	Coste
RRHH (paciente estable)	31,26 €
RRHH (paciente inestable)	36,48 €
Farmacia	3,23 €
Fungible un uso	232,58 €
Fungible varios usos	33,81 €
Total coste (paciente estable)	300,88 €
Total coste (paciente inestable)	306,09 €

## Técnicas de monitorización mínimamente invasivas

### Métodos de termodilución transpulmonar: PiCCO

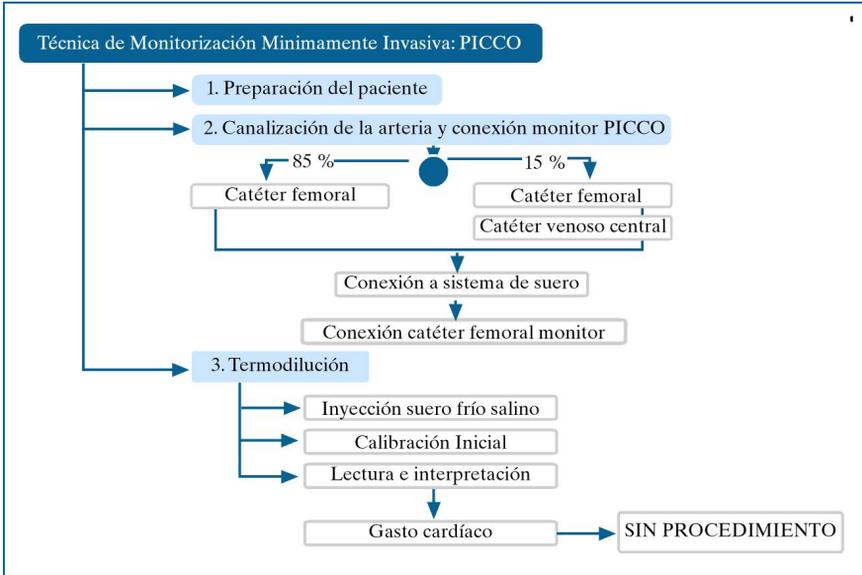
El sistema PiCCO se considera una técnica mínimamente invasiva, ya que únicamente requiere de un catéter arterial femoral de termodilución, de un catéter venoso central. Además esta técnica requiere de un monitor específico. Se parte del hecho de que, alrededor de un 80-85 % de los pacientes en UCI, ya tienen el catéter venoso central, con lo que en el análisis de este procedimiento, se considerará el coste de la colocación en el 10-15 % de los pacientes restantes.

En el catéter venoso central se acopla la cápsula PiCCO dotada de un termómetro para detectar la temperatura de inyección, y por otro de una arteria femoral, pero con ubicación distal en arteria central (aorta), y dotada con termodetector en su punta para detectar cuando llega el suero frío inyectado en vía venosa central y realizar los cálculos.

La termodilución transpulmonar (TDTP) se inicia con un bolo de suero salino frío (<math><8^{\circ}\text{C}</math>) a través de un sensor de temperatura e inyección situado en una vía central. El gasto cardíaco se obtiene fácilmente por la técnica de TDTP mediante la inyección de 2-3 bolos de suero salino frío.

La siguiente figura muestra los pasos a seguir en el procedimiento (Figura 6).

**Figura 6. Esquema de procedimiento de la técnica de monitorización mínimamente invasiva PICCO**



### Preparación del paciente

El personal de enfermería es el encargado en UCI de preparar al paciente para su monitorización. Para ello, se aplica un antiséptico tópico (clorhexidina) en el lugar de la punción.

El personal facultativo se viste con la ropa quirúrgica estéril y procede al lavado quirúrgico; prepara también al paciente con el paño estéril.

<b>Tabla 11. Recursos en preparación del paciente</b>		
<b>Concepto de coste</b>	<b>Unidad de coste</b>	<b>Coste</b>
<b>RRHH</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Coste</b>
Personal Enfermería	10 minutos	3,83 €
Personal Facultativo	10 minutos	6,59 €
<b>Farmacia</b>	<b>Unidades</b>	<b>Coste</b>
Clorhexidina	20 -30 ml	1,56 €
<b>Fungible un uso</b>	<b>Unidades</b>	<b>Coste</b>
Gorro	1	0,015 €
Mascarilla	1	0,035 €
Guantes estériles	1	0,018 €
Gasas estériles	2 paquetes	0,033 €
<b>Fungible varios usos</b>	<b>Unidades</b>	<b>Coste</b>
Bata estéril algodón, paño estéril y sábana estéril	1 Kit	2,97 €
Paño grande	1	30,84 €
<b>Total coste</b>		<b>45,89 €</b>
* Coste por unidad: 0,0165 €		

### **Canalización de la arteria y conexión monitor PiCCO**

En la canalización de la arteria intervienen el personal facultativo y de enfermería. El facultativo administra anestesia local al paciente y, tras ello, canaliza la arteria femoral y procede a fijar el catéter a la piel con una sutura de seda. Se realiza entonces la conexión a un sistema de suero heparinizado y conecta el catéter femoral al monitor PiCCO. En la Tabla 12 se presentan los recursos de este subproceso. Se observa como el catéter de arteria femoral es el recurso que supone un mayor coste (198 €), siendo el coste total del subproceso de 204,88 €. Asimismo, en los casos en los que el paciente no disponga de un catéter venoso central, se presenta una utilización de recursos adicionales que suponen un coste de 17,64 €, siendo el coste total de 222,52 €.

<b>Tabla 12. Recursos en canalización de la arteria femoral y conexión PiCCO</b>		
Concepto de coste	Unidad de coste	Coste
<b>RRHH</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Coste</b>
Personal Enfermería	5 minutos	1,92 €
Personal Facultativo	5 minutos	3,29 €
<b>Farmacia</b>	<b>Unidades</b>	<b>Coste</b>
Anestesia local	5-10 ml	0,17 €
Suero fisiológico	500 ml	0,67 €
Heparina	1.000 – 5.000 ui	0,83 €
<b>Fungible un uso</b>	<b>Unidades</b>	<b>Coste</b>
Catéter de arteria femoral	1	198,00 €
<b>Total coste</b>	<b>204,88 €</b>	

En los casos en que el paciente no disponga de catéter venoso central, se considerarán los siguientes recursos adicionales.

<b>Tabla 13. Recursos en la colocación de catéter venoso central</b>		
Concepto de coste	Unidad de coste	Coste
<b>RRHH</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Coste</b>
Personal Enfermería	5 minutos	1,92 €
Personal Facultativo	5 minutos	3,29 €
<b>Farmacia</b>	<b>Unidades</b>	<b>Coste</b>
Anestesia	5-10 ml	0,17 €
<b>Fungible un uso</b>	<b>Unidades</b>	<b>Coste</b>
Catéter venoso central	1	12,26
<b>Total coste</b>	<b>17,64 €</b>	

## Termodilución

El personal de enfermería facilita suero salino frío (<8°C) al facultativo y éste extrae 3 jeringas de 20 ml que se inyectan al paciente a través del catéter venoso central. El cambio de temperatura es detectado por el catéter de arteria femoral a través de un dispositivo o sensor de temperatura (termistor) cuyo valor se registra en el monitor PiCCO y ofrece información sobre el gasto cardíaco del paciente. Este sistema de termodilución requiere de tres mediciones para su calibración inicial, a través de la inyección de suero heparinizado, y posteriormente de calibraciones cada 12–24 horas.

El coste de este proceso es de 65,38 €. Este coste no incluye las posteriores calibraciones cada 12–24 horas.

<b>Tabla 14. Recursos en termodilución</b>		
<b>Concepto de coste</b>	<b>Unidad de coste</b>	<b>Coste</b>
<b>RRHH</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Coste</b>
Personal Enfermería	10 minutos	3,83 €
Personal Facultativo	10 minutos	6,59 €
<b>Fungible</b>	<b>Unidades</b>	<b>Coste</b>
Transductor de presión	1	53,44
Jeringas	3	0,0196
<b>Farmacia</b>	<b>Unidades</b>	<b>Coste</b>
Suero fisiológico	60 ml	0,67 €
Heparina	1.000 – 5.000 ui	0,826 €
<b>Total coste</b>		<b>65,38 €</b>

Así, el coste total del procedimiento de la técnica de monitorización mínimamente invasiva PICCO, incluyendo la colocación del catéter venoso central es de 333,80 euros. En los casos que no fuera necesario la colocación del catéter venoso central el coste disminuiría a 316,16 euros.

<b>Tabla 15. Coste total del procedimiento de la técnica de monitorización mínimamente invasiva PICCO</b>	
<b>Concepto de coste</b>	<b>Coste</b>
RRHH	31,26 €
Farmacia	4,90 €
Fungible un uso	263,82 €
Fungible varios usos	33,81 €
<b>Total coste</b>	<b>333,80 €</b>

## FloTrac®/Vigileo®

El **sistema Vigileo** es un monitor de gasto cardíaco continuo, que basa su cálculo en el análisis de forma de la onda arterial. El monitor permite una determinación del índice cardíaco (IC), el volumen sistólico (SV), y la variabilidad del volumen sistólico (SVV) sin necesidad de calibración.

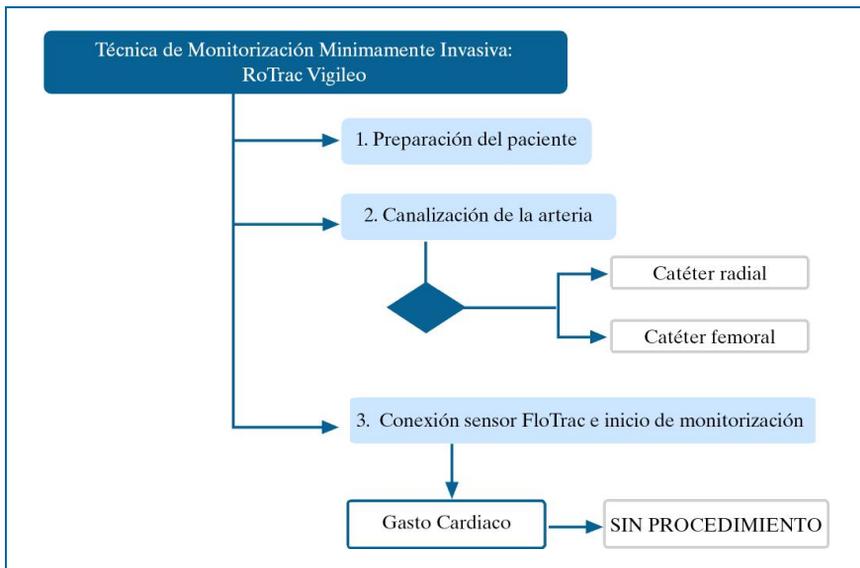
Conectado con un catéter venoso central denominado PreSep, informa de forma continua de la saturación venosa central de oxígeno (SVcO<sub>2</sub>). Su colocación no es habitual pues, actualmente, sus indicaciones son diferentes respecto al Vigileo y cada sistema puede utilizarse de forma independiente (en función del paciente) o complementaria, mejorando así la información obtenida. El sistema Vigileo permite monitorizar de forma continua y simultánea el GC y la SVcO<sub>2</sub>.

El seguimiento de los pacientes en cuidados intensivos con disfunción cardiovascular, sepsis, traumatismo o tras una cirugía mayor podría beneficiarse de la utilización de este sistema.

El procedimiento se inicia con la canalización de la arteria radial o femoral. En la arteria radial el procedimiento es menos invasivo. En el caso de que el paciente esté muy grave o en *shock*, la arteria femoral es una segunda opción. Así, una vez se canaliza la arteria con un catéter de arteria convencional, se conecta éste al sensor FloTrac. El tiempo medio estimado para llevar a cabo el procedimiento es de 25-30 minutos, en función de la experiencia del profesional y de las características del paciente aunque, en general, suele estar en torno a 10-15 minutos.

La siguiente figura muestra los pasos a seguir en el procedimiento.

**Figura 7. Esquema de procedimiento de la técnica de monitorización mínimamente invasiva Flo Trac Vigileo**



### **Preparación del paciente**

El personal de enfermería es el encargado en UCI de preparar al paciente para su monitorización. Para ello, aplica clorhexidina en el lugar de la punción.

El personal facultativo se viste con la ropa quirúrgica estéril y prepara también al paciente con el paño estéril. El proceso tiene un coste total de 40,11 euros.

**Tabla 16. Recursos en preparación del paciente con Flo Trac Vigileo**

Concepto de coste	Unidad de coste	Coste
<b>RRHH</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Coste</b>
Personal Enfermería	3-4 minutos	1,34 €
Personal Facultativo	5 minutos	3,29 €
Farmacia	Unidades	Coste
Clorhexidina	1 bote pequeño	1,56 €
<b>Fungible un uso</b>	<b>Unidades</b>	<b>Coste</b>
Gorro	1	0,015 €
Mascarilla	1	0,035 €
Guantes estériles	1	0,018 €
Gasas estériles	2 paquetes	0,033 €
<b>Fungible varios usos</b>	<b>Unidades</b>	<b>Coste</b>
Bata estéril algodón, paño estéril y sábana estéril	1 Kit	2,97 €
Paño grande	1	30,84 €
<b>Total coste</b>		<b>40,11 €</b>

\* Coste por unidad: 0,0165 €.

### Canalización de la arteria

En la canalización de la arteria intervienen el personal facultativo y de enfermería. El tiempo necesario para su realización es similar, tanto para el procedimiento radial como femoral, ampliándose en el caso de que el paciente se encuentre en estado de mayor gravedad o el personal facultativo estuviera menos entrenado en la técnica. Este proceso tiene un coste total de 23,69 euros en el escenario de paciente con estado de gravedad. En paciente con mayor estado de gravedad, el coste ascendería a 33,07 euros.

<b>Tabla 17. Recursos en preparación del paciente en la canalización</b>				
<b>Concepto de coste</b>	<b>Unidad de coste</b>		<b>Coste</b>	
<b>RRHH</b>	<b>Tiempo</b>		<b>Coste</b>	
	<b>Paciente estable</b>	<b>Paciente inestable</b>	<b>Paciente estable</b>	<b>Paciente inestable</b>
Personal Enfermería	2-10 minutos	15 minutos	2,30 €	5,75 €
Personal Facultativo	2-10 minutos	15 minutos	3,95 €	9,88 €
<b>Farmacía</b>	<b>Unidades</b>		<b>Coste</b>	
Anestesia local	2 ml		0,17 €	
<b>Fungible un uso</b>	<b>Unidades</b>		<b>Coste</b>	
Catéter Radial	1		8,36 €	
Catéter Femoral	1		8,91 €	
Total coste (paciente estable)	23,69 €.			
Total coste (paciente inestable)	33,07 €.			

### **Conexión del sensor FloTrac e inicio de la monitorización**

Considerando los parámetros clínicos del paciente, el personal facultativo y de enfermería ponen en funcionamiento el monitor Vigileo, introduciendo los valores relativos al paciente. Una vez que el sensor registra la presión arterial del paciente, el gasto cardíaco se muestra en 40 segundos. El coste del subproceso se ha estimado en 176,25 €.

<b>Tabla 18. Recursos en conexión y monitorización</b>		
<b>Concepto de coste</b>	<b>Unidad de coste</b>	<b>Coste</b>
<b>RRHH</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Coste</b>
Personal Enfermería	2-10 minutos	2,30 €
Personal Facultativo	2-10 minutos	3,95 €
<b>Fungible un uso</b>	<b>Unidades</b>	<b>Coste</b>
Sensor FloTrac	1 Kit	170,00 €
<b>Total coste</b>	<b>176,25 €</b>	

Así, el coste total del procedimiento de la técnica de monitorización mínimamente invasiva FloTrac Vigileo se ha estimado en 240,05 euros en pacientes estables, y 249,43 euros, cuando la técnica se aplica en pacientes inestables.

**Tabla 19. Coste total del procedimiento de la técnica de monitorización mínimamente invasiva Flotrac Vigileo**

Concepto de coste	Coste
RRHH (paciente estable)	17,14 €
RRHH (paciente inestable)	26,52€
Farmacia	1,73 €
Fungible un uso	187,37 €
Fungible varios usos	33,81 €
Total coste (paciente estable)	240,05 €
Total coste (paciente inestable)	249,43 €

## Técnica de monitorización no invasiva

### Tecnología Doppler esofágico

La monitorización hemodinámica con doppler esofágico calcula de forma continua el volumen sistólico y el gasto cardíaco, así como algunos parámetros estimativos de la precarga, poscarga y contractilidad del ventrículo izquierdo. Las tres principales medidas son la “distancia sistólica”, que corresponde a la porción sistólica del área bajo la onda de flujo, y que sirve para calcular el volumen sistólico que al multiplicarlo por la frecuencia cardíaca, permite calcular el gasto cardíaco. La segunda medida que realiza, es el tiempo de flujo, que corresponde a la anchura de la base de la onda y que sirve para estimar la precarga y la poscarga del ventrículo izquierdo. El monitor ajusta el valor del tiempo de flujo a la frecuencia cardíaca mejorando la precisión de la medida. Finalmente, la tercera medida que realiza es la velocidad pico de la onda, que refleja la contractilidad cardíaca. Además, la pendiente de la onda desde su inicio en la base hasta el pico, permite calcular la aceleración media, otro parámetro de contractilidad. De este modo, mide de forma directa la distancia sistólica (subrogada del volumen sistólico), el tiempo de flujo y la velocidad pico, además de calcular el gasto cardíaco, el tiempo de flujo corregido y la aceleración media.

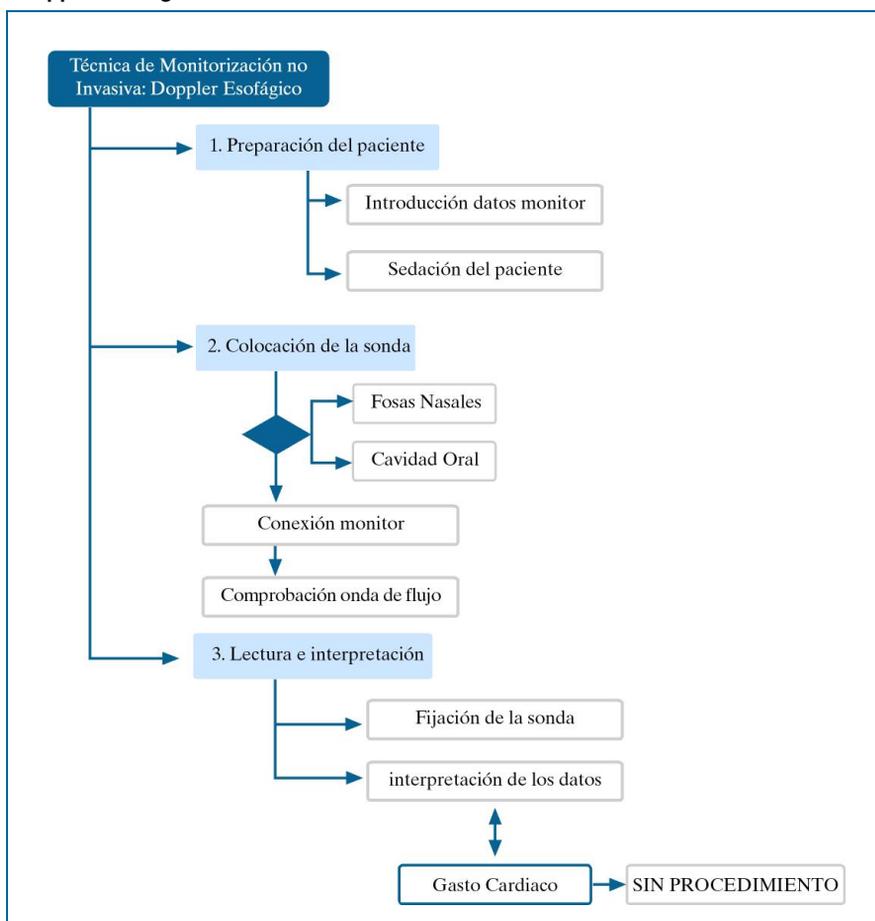
Esta técnica proporciona una visión amplia del estado hemodinámico del paciente y facilita la detección precoz de los cambios producidos por un deterioro clínico brusco o por las medidas terapéuticas aplicadas.

La aplicación clínica es muy variada aunque la mayoría de los estudios se han realizado para la optimización perioperatoria de pacientes de críticos, con patologías graves y complejas (36).

El modo de utilización de la técnica y la necesidad de sedación hace que quede reservada a pacientes con ventilación mecánica.

Los pasos a seguir para iniciar la monitorización con esta técnica se representan en la siguiente figura y se detallan también a continuación:

**Figura 8. Esquema de procedimiento de la técnica de monitorización no invasiva doppler esofágico**



## **Preparación del paciente**

En primer lugar, se procede a introducir los datos de identificación y antropométricos del paciente en el monitor.

La sonda eco-doppler puede introducirse indistintamente por la cavidad bucal o nasal, pudiendo permanecer colocada durante varias horas, pero, en ambos casos, requiere de la sedación del paciente.

Los recursos necesarios en este primer paso, son los relativos al tiempo del profesional sanitario y al fármaco o sedante (ambos se incluyen en la Tabla 20).

## **Colocación de la sonda**

En primer lugar, se aplica una fina capa de gel transductor, minimizando el contacto con las secreciones y su contaminación. A continuación, se coloca en el esófago, a través de las fosas nasales o de la cavidad oral, alojándola a 25-45 cm de los dientes incisivos (la sonda viene con unas marcas orientativas para facilitar la posición correcta), para después conectarla al monitor.

En algunos casos, antes de introducir la sonda, es conveniente colocar una cánula de guedel para evitar que el paciente la muerda y la dañe accidentalmente.

Una vez que el facultativo introduce la sonda, y para comprobar que se encuentra en la posición correcta, se comprueba en el monitor que la onda de flujo es adecuada, lo que se realiza visualizando la morfología de la onda (triangular) o escuchando el sonido doppler de mayor intensidad. En este paso, el tiempo requerido es de alrededor 5 minutos.

## **Lectura e interpretación de los datos**

En este proceso se procede a fijar la sonda, de la misma manera que se fija una sonda naso-oro gástrica, para mantener estable la señal. Tras ello, el personal facultativo procede a la lectura e interpretación de la información suministrada por el monitor.

Si se precisa o se desea interrumpir la monitorización hemodinámica basta con retirar la sonda y apagar el monitor. La sonda puede guardarse, pues sigue siendo útil durante doce días y al ser reutilizada y reconectada reconocerá automáticamente los datos del paciente en el que se ha utilizado por lo que no se podrá utilizar en otro paciente. Una vez transcurridos los doce días, la sonda deja automáticamente de funcionar.

En la siguiente tabla, se resumen los principales recursos del procedimiento, que suponen un coste total de 148,09 euros.

**Tabla 20. Recursos en preparación del paciente y colocación de la sonda**

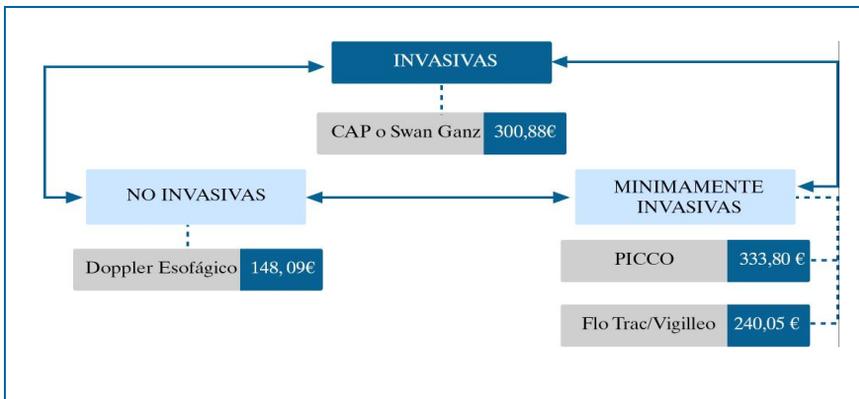
Concepto de coste	Unidad de coste	Coste
<b>RRHH</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Coste</b>
Personal Enfermería	10 minutos	3,83 €
Personal Facultativo	10 minutos	6,59 €
<b>Farmacia</b>	<b>Unidades</b>	<b>Coste</b>
Sedante	mg	0,17 €
<b>Fungible un uso</b>	<b>Unidades</b>	<b>Coste</b>
Sonda	1	135,7 €
<b>Total coste</b>		<b>148,09 €</b>

### Comparación de resultados

En la siguiente figura se puede observar la comparativa de costes entre las técnicas incluidas. Teniendo en cuenta el horizonte temporal considerado y en pacientes sin complicaciones, la técnica que supone un menor coste para el sistema sanitario es la no invasiva, doppler esofágico, con un ahorro de coste por paciente, en comparación con la técnica invasiva CAP o Swan-Ganz (*gold standard*), de 152,79 €, y con las técnicas mínimamente invasivas PICCO y FloTrac-Vigileo de 185,71 y 91,96 €, respectivamente

Por otra parte, dentro de la comparativa de las técnicas mínimamente invasivas, la técnica PICCO supone un mayor coste respecto al FloTrac, siendo esta diferencia de 93,75 €. Al comparar el PICCO con el CAP, se observa también un mayor coste de la técnica PICCO. Esta diferencia de coste varía entre 33 €, cuando se incluye el subproceso de colocación del catéter venoso central y 15,28 €, en el caso de no incluirlo.

**Figura 9. Comparación de resultados de coste entre las técnicas incluidas en el análisis, para pacientes sin complicaciones**





# Discusión

La literatura localizada mostró que la utilización de las técnicas de monitorización hemodinámica contribuye a la obtención de mejores resultados clínicos en pacientes ingresados en UCI. En los últimos años se han publicado revisiones sistemáticas y metanálisis sobre el uso de estas técnicas en la optimización hemodinámica y han mostrado que su utilización se asocia a un aumento en la supervivencia, una menor estancia hospitalaria y en UCI, y una menor incidencia de complicaciones frente a su no utilización (38,77-80). Hay que tener en cuenta dos circunstancias, por una parte estas técnicas no son una herramienta terapéutica en sí mismas y que su uso se encuentra asociado a protocolos clínicos de tratamientos.

A pesar de la evidencia existente al respecto, los protocolos que se suelen asociar a la monitorización hemodinámica, no siempre están evaluados. En esta revisión se ha evaluado la validez y concordancia de diferentes técnicas no invasivas aplicadas en el contexto de UCI sin tener en cuenta los protocolos de intervención de esta técnica, lo que podría influir en el resultado de la misma.

Disponer de técnicas de monitorización adecuadas y precisas, cobra especial importancia ya que pequeños errores en los datos ofrecidos en las mediciones, podrían llevar a intervenciones y tratamientos no considerados óptimos, en función de las necesidades del paciente.

La revisión sistemática de Critchley, *et al.*, (31) que incluía a estudios que comparasen la determinación del gasto cardíaco mediante dos técnicas, utilizando como medidas resultado la media de las diferencias de gasto cardíaco y la precisión, incluyó 25 artículos. Encontró que en los estudios de bioimpedancia (n=23) el límite de concordancia fue de  $\pm 37\%$  (15-82 %), y de doppler (n=11)  $\pm 65\%$  (25-225 %). Este trabajo concluyó que un porcentaje de error aceptable debería ser del 30 %, siendo este criterio ampliamente utilizado posteriormente en el desarrollo de la investigación en esta línea (31) aunque los resultados presentaron escasa precisión con intervalos de confianza amplios. Sobre este tema se han localizado estudios que sugieren la necesidad de replantear este valor arbitrario en función de la relevancia clínica.

En este sentido, la termodilución presentó un error en la precisión  $\pm 20\%$ , lo que podría suponer que es una técnica relativamente imprecisa al compararlo con el estándar de referencia (CAP) si se considera este valor umbral (45).

Uno de los principales resultados obtenidos en este tipo de estudios fue la variabilidad en el porcentaje de error entre los diferentes

dispositivos. Los resultados han oscilado entre el 16,2 % y el 65 %, no encontrándose una técnica que obtuviera en todos los estudios incluidos un porcentaje inferior al 30 %. Este dato debe interpretarse con cautela, ya que para todas las técnicas se han recogido un número variable de artículos que las abordan. Por ello, es destacable que la bioimpedancia-bioreactancia es la más estudiada, incluyendo 8 trabajos originales y una revisión sistemática, frente al doppler esofágico del que se localizó un único trabajo en el periodo de estudio.

También los resultados de este informe indicaron que ninguna técnica de monitorización ha mostrado, con consistencia, un alto grado de concordancia con la prueba de comparación o referencia. Sin embargo, este resultado debe ser tomado con precaución, ya que el número de artículos incluidos, como se ha comentado anteriormente, así como el número de pacientes y/o medidas, características de los pacientes (patologías, etc.) y las especificaciones tecnológicas fueron muy heterogéneas. Así mismo, habría que considerar que podrían existir otros factores que contribuyeran a esta variabilidad y que podrían justificar las diferencias entre las técnicas. Entre ellos se podrían destacar los siguientes: la variabilidad en la precisión de cada técnica asociada a la variabilidad intrínseca de las mediciones en referencia al error aleatorio, la posible diferencia en la capacidad de respuesta de las dos modalidades en realizar las mediciones, asociada con la variabilidad intra-paciente del gasto cardíaco y por último, la discordancia observada entre las dos técnicas (es decir, la media de las diferencias).

En la práctica clínica, no es posible determinar la contribución relativa de cada uno de estos factores a los resultados. Hecho que pone de relieve las dificultades inherentes en la evaluación de las tecnologías que determinan el gasto cardíaco. Por todo ello, no se ha localizado en la literatura la descripción de una técnica disponible para la medición de gasto cardíaco mantenga con el tiempo, una alta precisión (reproducibilidad).

En cuanto al objetivo referido a la seguridad de la monitorización hemodinámica no invasiva, el primer resultado obtenido fue la escasez de trabajos que abordasen este aspecto entre las técnicas estudiadas. Posiblemente este resultado podría deberse a que estas técnicas presentan una escasa incidencia de eventos adversos. Los dos artículos incluidos en el apartado seguridad hacen referencia a la técnica de monitorización mediante doppler esofágico y ecocardiografía transesofágica. Esto podría justificarse porque el uso del doppler esofágico requiere de una sonda esofágica, situación que hace que en la literatura no exista acuerdo en su clasificación. Así, para algunos autores esta técnica es considerada como mínimamente invasiva (por ejemplo Monge), mientras que en otros, en los trabajos de Mateu, *et al.*, (7) y Cholley, *et al.*, (81) es clasificada como no invasiva.

En cuanto a la cuantificación de eventos adversos, Hutterman, *et al.*, afirmó que sus datos de incidencia, mediante ecocardiografía transesofágica, coinciden con los datos publicados por Daniel, *et al.* Así, Daniel, *et al.*, describen una incidencia de complicaciones del 2,5 %, con 1 caso de hematemesis por tumor maligno (1/ 10.218 evaluaciones, 88,7 % en pacientes conscientes o ambulatorios). Otro estudio realizado en los servicios de urgencias (Gendreau, 1999), registró cifras más elevadas de complicaciones asociadas que en las UCI: en una serie de 142 pacientes estudiados, se produjeron 18 complicaciones (12,6 %), en las que se incluye un fallecimiento, 7 casos de fallos o insuficiencias respiratorias, 3 casos de hipotensión, 4 casos de vómitos, 2 casos de agitación y 1 caso de alteración del ritmo cardíaco, aunque estos datos no permiten la extracción de conclusiones por el tipo de estudio y las limitaciones asociadas al mismo.

La literatura recoge que la utilización adecuada de las técnicas de monitorización hemodinámica necesita aprendizaje específico de los profesionales involucrados con el objetivo realizar una adecuada obtención de mediciones y evaluación del estado del paciente. Dos estudios han evaluado el papel de la experiencia en la calidad de los resultados y mostraron que aproximadamente se requiere tratar entre 10 y 12 pacientes para desarrollar las habilidades necesarias que le permitan a un profesional utilizar las técnicas con la eficiencia y la habilidad necesarias para realizar la valoración de los pacientes correctamente (82,83). Para la técnica de ecocardiografía se describe que una acción formativa con una duración entre 8-10 horas y que incluya la supervisión de un profesional experimentado en la técnica, permite a los profesionales de cuidados críticos realizarla con éxito (84). Se ha sugerido que después de la formación con 20 exámenes USCOM, médicos de urgencias podían adquirir la capacidad de obtener mediciones fiables del gasto cardíaco (85,86).

Otro resultado de esta revisión ha sido la localización de los estudios. Así, el país donde se realizaron un mayor número de estudios fueron en Australia (n=5). En este sentido, llama la atención que tres de estos estudios fuesen realizados con la técnica USCOM (*Ultrasonic Cardiac Output Monitor*, USCOM Ltd., Sydney, NSW), que es una técnica comercializada por empresas localizada en ese país. Esta posible implicación en los resultados no puede valorarse, ya que ninguno de estos artículos se especifica si existe posible fuente de conflictos de intereses o si se debe a la mayor disponibilidad de la técnica.

En cuanto a la calidad de los 20 artículos originales incluidos, destacar que el criterio que cumplieron la gran mayoría de los artículos fue el relacionado con la simultaneidad de las pruebas. Este resultado es esperable dadas las características del parámetro a evaluar, donde pequeños lapsos de tiempo pueden producir importantes cambios en la

medición de las variables de estudio. Situación que a su vez pudiera también condicionar el hecho de que todos los pacientes incluidos en los estudios recibieran ambas técnicas de monitorización. Dada esta simultaneidad y la recepción de ambas técnicas, se reduce la probabilidad de incurrir en los sesgos de verificación parcial y diferencial.

Las UCI presentan unas características específicas (diversidad poblaciones atendidas, dificultad establecimiento de diagnósticos,...) que hacen que realizar estudios en este ámbito presenten importantes limitaciones (87,88). Así, en relación a la herramienta de evaluación de la calidad empleada, el ítem con menor grado de cumplimiento estuvo relacionado con el criterio de selección de pacientes. Son escasos los artículos incluidos en los se ha realizado un análisis desagregado o por subgrupos según las características de los pacientes, no pudiendo analizarse los resultados según la patología o gravedad del paciente.

Por otro lado, todos los artículos excepto uno (51) utilizaron para evaluar la concordancia entre dos variables cuantitativas el análisis de Bland y Altman, *et al.*, (89). Al realizar la comparación de las mediciones de gasto cardíaco mediante el análisis de Bland y Altman, se asume que los datos no están relacionados y son tomadas de manera independiente.

Entre las limitaciones de este trabajo, no puede excluirse que se haya producido el sesgo de localización, el cual podría limitar los resultados de una búsqueda bibliográfica. Para minimizar este sesgo, se realizó una evaluación de los términos de indexación de los artículos incluidos por referencias cruzadas, se consultó con profesionales con amplia experiencia en la materia y se realizaron indagaciones en motores buscadores de información general.

Por otro lado, se observó una amplia variabilidad en los estudios y técnicas incluidas que presentan diversidad en las especificaciones técnicas de los equipos, lo cual hacía poco adecuada la combinación estadística de los resultados mediante un meta-análisis.

En esta revisión se han incluido dos estudios que presentaron datos obtenidos en ambientes clínicos diferentes a las UCI. Así, uno de ellos, (67) incluyó el 35 % de sus mediciones obtenidas en quirófanos. El otro estudio (69), se realizó en 5 localizaciones diferentes, dos de ellas en UCI, ofreciéndose en el artículo los datos desagregados para estas unidades, aunque la muestra fue escasa (número de medidas) e importante la heterogeneidad de pacientes.

Otra de las limitaciones se relaciona con el hecho de la utilización de diferentes fechas para la cobertura del objetivo ligado a la eficacia y para el objetivo sobre seguridad. Se decidió ampliar la ventana temporal de las publicaciones relacionadas con el tema de seguridad por el escaso número de artículos localizados. Aumentando el periodo de inclusión de los

artículos se esperaba localizar mayor información publicada. La repercusión en la práctica de esta decisión conlleva a que algunos aspectos de los tratados deben tomarse con cautela, ya que en la temática de estudio, la seguridad de la aplicación de una o unas técnicas no debe ser la misma atendiendo a la fecha de publicación ya que el tiempo, maduración y experiencia en torno a la utilización de las técnicas de estudio podría influir en aspectos ligados a la seguridad.

La literatura localizada refiere que en determinadas patologías (fundamentalmente cardíacas), no es viable la aplicación de alguna de las técnicas de estudio. En los resultados expuestos sobre seguridad, se han incluido referencias a problemas en la detección de la señal, no pudiéndose valorar si estos problemas en la realización de la técnica podrían ser debidos a problemas relacionados con la tecnología o con el tipo de paciente o patología.

En relación a la dotación, la decisión de incorporar o no a estas unidades determinadas técnicas de monitorización hemodinámica no debería basarse exclusivamente en los datos de correlación entre mediciones. En la práctica clínica, hay información que se debe tener en cuenta que no siempre se refleja en los artículos recuperados. Entre ellas se encuentran: 1). Conocimiento de la tecnología de monitorización y sus principios técnicos. 2). La capacidad de una rutina de tratamiento conveniente. 3). El carácter invasivo de la técnica, debido a las cuestiones relacionadas con la seguridad y las complicaciones asociadas a algunas técnicas. 4). La validación del dispositivo, es decir su precisión, error y fiabilidad, junto a la posibilidad de detectar cambios significativos, tanto en dirección como en magnitud, de las variables hemodinámicas; así como, la capacidad de respuesta del dispositivo ante variaciones de la situación hemodinámica del paciente y 5). Las variables hemodinámicas adicionales necesarias.

Otro aspecto a tener en cuenta es que las distintas técnicas de monitorización hemodinámica ofrecen información sobre diferentes parámetros sobre el estado del paciente. En esta revisión se ha centrado el estudio en el gasto e índice cardíacos. Sin embargo, en el momento de elegir un sistema de monitorización hemodinámica deben tenerse en cuenta otros aspectos, ya mencionados. Algunos principios importantes que hay que tener en cuenta son:

- La monitorización puede ser particularmente útil en los estadios precoces de la reanimación hemodinámica y es menos útil cuando el fallo orgánico está establecido.

- En ciertas patologías existen también otros parámetros que resultan cruciales para el óptimo tratamiento de los pacientes, como podría ser el caso de la medición de presiones intravasculares intratorácicas en pacientes con patologías cardíacas, algún tipo de *shock*, entre otros. Esto induce a pensar que para algunas patologías podría valorarse como más idónea la utilización de una u otra técnica atendiendo a la posibilidad de incluir información sobre otros parámetros en la monitorización realizada.
- Aunque es preferible un sistema menos invasivo, no siempre es posible debido a que en situaciones complejas necesitamos una información completa, precisa y fiable que no siempre proporcionan los sistemas menos invasivos. En general, a mayor gravedad y complejidad del paciente, mayor necesidad de tratamiento intensivo y precisión en las medidas realizadas.
- El dispositivo debe proporcionar variables relevantes que nos aporten información capaz de dirigir la terapia (p. ej: información sobre la dependencia de precarga en la reposición volémica, determinación de presión de oclusión de arteria pulmonar en pacientes con edema pulmonar...).

Por todo lo anterior resulta importante tener en cuenta la indicación de uso para el paciente. En la mayoría de los casos, la elección de la técnica de monitorización va a depender de las características del paciente, su estado fisiopatológico y gravedad del paciente, según su carácter invasivo, disponibilidad del centro, etc y por último debe tenerse en cuenta con qué objetivo nos hemos planteado usarlo y cuáles son los parámetros que buscamos. Este hecho hace que las técnicas no invasivas muestren un gran desarrollo en su utilización en los últimos años, por la facilidad de uso, seguridad y rapidez que presentan (36) aunque debería considerarse la posible mejora en los resultados de salud, el coste, la indicación o las modificaciones que la adquisición de esta técnica requeriría en cuanto a la planificación, formación e infraestructura.

El hecho de que según la casuística de los pacientes pueda ser necesario disponer de varios aparatos, presenta importantes implicaciones. En cuanto al coste, los resultados muestran que las técnicas mínimamente invasivas (PICCO y Flotrac/Vigileo) suponen un mayor coste por paciente en comparación con la técnica invasiva CAP y la técnica no invasiva doppler esofágico. La metodología de cálculo empleada, centrada en el procedimiento, y no en el proceso, ha permitido delimitar el espacio temporal en cada una de las técnicas incluidas en el análisis para así, analizar el consumo de recursos necesarios desde la preparación del paciente hasta que el dispositivo o monitor ofrece información sobre su

gasto cardíaco. Esto, sin embargo, no incorpora otra información que pudiera ser relevante, desde el punto de vista económico, y que está directamente relacionada con las características de cada una de las técnicas; tal es el caso del número de calibraciones necesarias para mantener un flujo de información constante del gasto cardíaco. Por otro lado, el análisis no ha tenido en cuenta los costes indirectos asociados a la estancia del paciente en la Unidad de Cuidados Intensivos; no obstante, dichos costes pueden ser considerados comunes o propios del paciente ingresado en UCI, sin diferencias significativas atribuibles a una u otra técnica.

Asimismo, es importante señalar que este resultado de costes, no incluye el coste asociado a las complicaciones propias de las técnicas de monitorización. De este modo, se ha descrito que la principal limitación para el uso del CAP son las complicaciones derivadas del procedimiento (colocación). Entre las más frecuentes se encuentra la rotura del balón, producida por un manejo incorrecto (inflado excesivo del balón) o en catéteres de uso prolongado. Por otro lado, se encuentra la complicación derivada de la inserción del catéter (punción de la carótida), y la posibilidad de infección asociada al mismo (en torno al 5 %), así como el riesgo de arritmias (en torno al 2 %).

Otras complicaciones que pueden aparecer son la plaquetopenia y la trombosis asociada, ambas en casos de uso prolongado en el tiempo (13,90,91). El sistema PiCCO o FloTrac presentan por su parte, las mismas complicaciones derivadas de canalizar una arteria, radial o femoral (infección, trombosis, sangrado y daño vascular por signos de isquemia en el miembro superior o pseudoaneurismas), siendo la lesión arterial la complicación más grave y la trombosis la más frecuente. Suelen ser complicaciones que cursan de forma asintomática y se diagnostican como hallazgo mediante ecografía doppler en el 5-20 % de los casos cuando se localizan en la arteria radial y muy poco frecuente en arteria femoral, su aparición se relaciona con la implantación del catéter tras 3-4 días. Las complicaciones son más frecuentes tras retirar la cánula, y si es sintomática (signos de isquemia en miembro superior) requieren de cirugía correctora (inferior al un 1 % de los casos) (91).

En relación a las complicaciones de infección, aunque el catéter se puede colonizar (4-20 %) la incidencia de bacteriemia o septicemia es muy baja (0-3 %) si el catéter se mantiene hasta 4 días. Si se precisa monitorizar más tiempo se recomienda el cambio del catéter cada 7 días. Otras complicaciones descritas para estos dos procedimientos de monitorización mínimamente invasivos son hematomas y hemorragias locales, la hemorragia por desconexión accidental del sistema, pseudoaneurismas, neuropatía periférica (radial), hemorragia retroperitoneal (femoral), perforación intestinal (femoral), y fístula arteriovenosa (femoral).

Asimismo, el doppler esofágico, no presentó complicaciones o efectos secundarios relevantes, salvo los derivados de la colocación de una sonda naso-orogástrica. De este modo, si bien las técnicas mínimamente invasivas presentan un mayor coste incremental por paciente, en comparación con las técnicas invasivas para la medición del gasto cardíaco, éste podría compensarse por las posibles complicaciones derivadas del proceso de monitorización durante toda la estancia en UCI, que se traduce en un mayor número de días de estancia hospitalaria.

Así por ejemplo, la utilización del doppler esofágico conlleva una reducción significativa del número de estancias hospitalarias y complicaciones postoperatorias. La guía elaborada por el *National Institute for Health and Clinical Excellence* y publicada en 2011 (92), estimó que el uso del doppler esofágico, podría reducir el 50 % de las estancias hospitalarias en UCI, en comparación con el CAP. Aunque puede ser necesaria una mayor evidencia que avale su eficacia para pacientes críticos, este método se ha considerado de gran utilidad en la optimización hemodinámica perioperatoria o en pacientes con restricción de líquidos, lo que puede ayudar a mejorar los resultados en términos de disminución de complicaciones, disminución de las estancias hospitalarias y prevenir la sobrehidratación.

En pacientes con inestabilidad hemodinámica, las técnicas de dilución transpulmonar parecen permitir la evaluación simultánea y en pocos minutos del GC, precarga, función cardíaca y la predicción de la respuesta al volumen, y además permite estimar la presencia de edema pulmonar (agua extravascular pulmonar). Los parámetros obtenidos pueden permitir un manejo más preciso de la reanimación con fluidos y una optimización en el empleo de fármacos vasoactivos, así como una guía en las terapias deplectivas.



# Conclusiones

- Los estudios incluidos en la revisión presentaron una elevada heterogeneidad en cuanto a su calidad metodológica, las medidas de resultado utilizadas y las poblaciones estudiadas. La calidad de la evidencia disponible fue en general moderada-baja por lo que las conclusiones deberían ser tomadas con cautela.
- Para la técnica ecocardiografía transtorácica, los estudios localizados mostraron resultados a favor de su utilización en las unidades de cuidados intensivos por su concordancia en la valoración del estado hemodinámico, función y gasto cardíaco comparada con varias técnicas evaluadas, entre ellas, el patrón de referencia. No se valoraron las posibles limitaciones relacionadas con la ausencia de mediciones de forma continua, del grado de hipoperfusión y de la estimación del tono vasomotor.
- Para la técnica doppler esofágico, un artículo incluido en la revisión que estudió la validez de la técnica en la determinación del gasto e índice cardíacos presentó valores poco precisos y un alto porcentaje de error de la técnica.
- Para la técnica de bioimpedancia-bioreactancia los estudios localizados mostraron concordancia de la técnica al compararla con varias técnicas, salvo un artículo realizado en pacientes con sepsis.
- Las técnicas de monitorización hemodinámica no invasivas mostraron una baja incidencia de complicaciones.
- Sería necesaria la realización de estudios de alta calidad metodológica para determinar la efectividad de estas técnicas en el ámbito de las unidades de cuidados intensivos.
- Dentro del horizonte temporal considerado, el sistema de monitorización mínimamente invasiva PICCO, es la técnica que supone un mayor coste por paciente para la determinación del gasto cardíaco, en comparación con el Flotrac/Vigileo, CAP (estándar de referencia) y doppler esofágico. No obstante, este mayor coste se vería compensado por las complicaciones derivadas de las técnicas de monitorización.
- La técnica doppler esofágico tiene un coste por paciente de 148,09 €, para la determinación del gasto cardíaco. Es la técnica que supone un menor coste por paciente comparada con las mínimamente invasivas (PICCO y Flotrac/Vigileo) y con la invasiva, CAP.



# Recomendaciones

Podría considerarse la inclusión de las técnicas de monitorización hemodinámica no invasivas en las unidades de cuidados intensivos por mostrarse como técnicas seguras, con baja incidencia de complicaciones, presentando un balance beneficio-riesgo favorable a su inclusión.

La elección de la técnica más adecuada vendrá condicionada por las características, el estado fisiopatológico y la gravedad de cada paciente, así como las necesidades de información adicional mediante variables hemodinámicas diferentes al gasto o índice cardíacos.

Se recomienda la recogida y valoración de los datos de la utilización de las diferentes técnicas de monitorización hemodinámica para establecer de forma definitiva su efectividad. Del mismo modo, sería aconsejable revisar y estandarizar los procedimientos de utilización de las diferentes técnicas y establecer estudios o registros de eventos adversos relativos a la seguridad del paciente.



# Referencias

1. Gil CA, Monge Garcia MI, Baigorri GF. Evidence on the utility of hemodynamic monitoring in the critical patient. *Med Intensiva*. 2012; 36(9):650-5.
2. Takala J, Ruokonen E, Tenhunen JJ, Parviainen I, Jakob SM. Early non-invasive cardiac output monitoring in hemodynamically unstable intensive care patients: a multi-center randomized controlled trial. *Crit Care*. 2011; 15(3):R148.
3. Funk DJ, Moretti EW, Gan TJ. Minimally invasive cardiac output monitoring in the perioperative setting. *Anesth Analg*. 2009; 108(3):887-97.
4. Ahrens T. Hemodynamics in sepsis. *AACN Adv Crit Care*. 2006; 17(4):435-45.
5. Hata JS, Stotts C, Shelsky C, Bayman EO, Frazier A, Wang J et al. Reduced mortality with noninvasive hemodynamic monitoring of shock. *J Crit Care*. 2011; 26(2):224-8.
6. Poeze M, Greve JW, Ramsay G. Meta-analysis of hemodynamic optimization: relationship to methodological quality. *Crit Care*. 2005; 9(6):R771-R779.
7. Mateu Campos ML, Ferrandiz SA, Gruartmoner d, V, Mesquida FJ, Sabatier CC, Poveda HY et al. Techniques available for hemodynamic monitoring. Advantages and limitations. *Med Intensiva*. 2012;36(6):434-44.
8. Peyton PJ, Venkatesan Y, Hood SG, Junor P, May C. Noninvasive, automated and continuous cardiac output monitoring by pulmonary capnodynamics: breath-by-breath comparison with ultrasonic flow probe. *Anesthesiology*. 2006;105(1):72-80.
9. Connors AF, Speroff T, Dawson NV, Thomas C, Harrell FE, Wagner D, et al. The effectiveness of right heart catheterization in the initial care of critically ill patients. SUPPORT Investigators. *JAMA* 1996; 276(11):889-97.
10. Harvey S, Stevens K, Harrison D, Young D, Brampton W, McCabe C, et al. An evaluation of the clinical and cost-effectiveness of pulmonary artery catheters in patient management in intensive care: a systematic review and a randomised controlled trial. *Health Technol Assess*. 2006; 10(29):iii-iv,ix-xi,1-133.

11. Bossert T, Gummert JF, Bittner HB, Barten M, Walther T, Falk V, et al. Swan-Ganz catheter-induced severe complications in cardiac surgery: right ventricular perforation, knotting, and rupture of a pulmonary artery. *J Card Surg.* 2006;21(3):292-5.
12. Hadian M, Pinsky MR. Evidence-based review of the use of the pulmonary artery catheter: impact data and complications. *Crit Care.* 2006;10 Suppl 3:S8.
13. Garcia X, Mateu L, Maynar J, Mercadal J, Ochagavia A, Ferrandiz A. Estimating cardiac output. Utility in the clinical practice. Available invasive and non-invasive monitoring. *Med Intensiva.* 2011;35(9):552-61.
14. Rajaram SS, Desai NK, Kalra A, Gajera M, Cavanaugh SK, Brampton W, et al. Pulmonary artery catheters for adult patients in intensive care. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013;2:CD003408.
15. Wesseling KH, Jansen JR, Settels JJ, Schreuder JJ. Computation of aortic flow from pressure in humans using a nonlinear, three-element model. *J Appl Physiol.* 1993;74(5):2566-73.
16. Bernstein DP. A new stroke volume equation for thoracic electrical bioimpedance: theory and rationale. *Crit Care Med.* 1986;14(10):904-9.
17. Cecconi M, Rhodes A. Pulse pressure analysis: to make a long story short. *Crit Care.* 2010;14(4):175.
18. Sun JX, Reisner AT, Saeed M, Heldt T, Mark RG. The cardiac output from blood pressure algorithms trial. *Crit Care Med.* 2009;37(1):72-80.
19. Thiele RH, Durieux ME. Arterial waveform analysis for the anesthesiologist: past, present, and future concepts. *Anesth Analg* 2011; 113(4):766-76.
20. Belda FJ, Aguilar G, Teboul JL, Pestana D, Redondo FJ, Malbrain M, et al. Complications related to less-invasive haemodynamic monitoring. *Br J Anaesth* 2011;106(4):482-6.
21. Linton RA, Jonas MM, Tibby SM, Murdoch IA, O'Brien TK, Linton NW, et al. Cardiac output measured by lithium dilution and transpulmonary thermodilution in patients in a paediatric intensive care unit. *Intensive Care Med.* 2000;26(10):1507-11.
22. De Backer D, Marx G, Tan A, Junker C, Van Nuffelen M, Huter L, et al. Arterial pressure-based cardiac output monitoring: a multicenter validation of the third-generation software in septic patients. *Intensive Care Med.* 2011;37(2):233-40.

23. Chatti R, de Rudniki S, Marque S, Dumenil AS, Descorps-Declere A, Cariou A et al. Comparison of two versions of the Vigileo-FloTrac system (1.03 and 1.07) for stroke volume estimation: a multicentre, blinded comparison with oesophageal Doppler measurements. *Br J Anaesth.* 2009;102(4):463-9.
24. Franchi F, Silvestri R, Cubattoli L, Taccone FS, Donadello K, Romano SM et al. Comparison between an uncalibrated pulse contour method and thermodilution technique for cardiac output estimation in septic patients. *Br J Anaesth.* 2011;107(2):202-8.
25. Canadian agency for drugs and technologies in health, editor. *Cardiac Output monitors to assess patient resuscitation needs: a review of clinical effectiveness and cost-effectiveness.* Ottawa: Canadian agency for drugs and technologies in health (CADTH); 2011.
26. Kleinman B, Powell S, Kumar P, Gardner RM. The fast flush test measures the dynamic response of the entire blood pressure monitoring system. *Anesthesiology.* 1992;77(6):1215-20.
27. Romano SM, Pistolesi M. Assessment of cardiac output from systemic arterial pressure in humans. *Crit Care Med.* 2002;30(8):1834-41.
28. Geerts BF, Aarts LP, Jansen JR. Methods in pharmacology: measurement of cardiac output. *Br J Clin Pharmacol* 2011;71(3):316-30.
29. Bayram M, Yancy CW. Transthoracic impedance cardiography: a noninvasive method of hemodynamic assessment. *Heart Fail Clin* 2009; 5(2):161-168.
30. Almeida Junior GL, Xavier SS, Garcia MI, Clausell N. Hemodynamic assessment in heart failure: role of physical examination and noninvasive methods. *Arq Bras Cardiol.* 2012; 98(1):e15-e21.
31. Critchley LA, Critchley JA. A meta-analysis of studies using bias and precision statistics to compare cardiac output measurement techniques. *J Clin Monit Comput.* 1999;15(2):85-91.
32. Doering L, Lum E, Dracup K, Friedman A. Predictors of between-method differences in cardiac output measurement using thoracic electrical bioimpedance and thermodilution. *Crit Care Med.* 1995;23(10):1667-73.
33. Raaijmakers E, Faes TJ, Scholten RJ, Goovaerts HG, Heethaar RM. A meta-analysis of published studies concerning the validity of thoracic impedance cardiography. *Ann N Y Acad Sci.* 1999;873:121-7.

34. Meyer S, Todd D, Wright I, Gortner L, Reynolds G. Review article: Non-invasive assessment of cardiac output with portable continuous-wave Doppler ultrasound. *Emerg Med Australas*. 2008;20(3):201-08.
35. Knobloch K, Lichtenberg A, Winterhalter M, Rossner D, Pichlmaier M, Phillips R. Non-invasive cardiac output determination by two-dimensional independent Doppler during and after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg*. 2005;80(4):1479-83.
36. Monge MI, Estella A, Diaz JC, Gil A. Minimally invasive hemodynamic monitoring with esophageal echoDoppler. *Med Intensiva*. 2008;32(1):33-44.
37. Dark PM, Singer M. The validity of trans-esophageal Doppler ultrasonography as a measure of cardiac output in critically ill adults. *Intensive Care Med*. 2004;30(11):2060-6.
38. Abbas SM, Hill AG. Systematic review of the literature for the use of oesophageal Doppler monitor for fluid replacement in major abdominal surgery. *Anaesthesia*. 2008;63(1):44-51.
39. Mowatt G, Houston G, Hernandez R, de Verteuil R, Fraser C, Cuthbertson B et al. Systematic review of the clinical effectiveness and cost-effectiveness of oesophageal Doppler monitoring in critically ill and high-risk surgical patients. *Health Technol Assess*. 2009;13(7):iii-iv,ix-xi,1-95.
40. Romero-Bermejo FJ, Ruiz-Bailen M, Guerrero-De-Mier M, Lopez-Alvaro J. Echocardiographic hemodynamic monitoring in the critically ill patient. *Curr Cardiol Rev*. 2011;7(3):146-56.
41. Boldt J, Ince C. The impact of fluid therapy on microcirculation and tissue oxygenation in hypovolemic patients: a review. *Intensive Care Med*. 2010;36(8):1299-308.
42. Ayuela Azcarate JM, Clau TF, Ochagavia A, Vicho PR. Role of echocardiography in the hemodynamic monitorization of critical patients. *Med Intensiva*. 2012;36(3):220-32.
43. Sugo Y, Ukawa T, Takeda S, Ishihara H, Kazama T, Takeda J. A novel continuous cardiac output monitor based on pulse wave transit time. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2010;2010:2853-6.
44. Ishihara H, Okawa H, Tanabe K, Tsubo T, Sugo Y, Akiyama T, et al. A new non-invasive continuous cardiac output trend solely utilizing routine cardiovascular monitors. *J Clin Monit Comput* 2004;18(5-6):313-20.
45. Critchley LA, Lee A, Ho AM. A critical review of the ability of continuous cardiac output monitors to measure trends in cardiac output. *Anesth Analg*. 2010;111(5):1180-92.

46. Whiting P, Rutjes AW, Reitsma JB, Bossuyt PM, Kleijnen J. The development of QUADAS: a tool for the quality assessment of studies of diagnostic accuracy included in systematic reviews. *BMC Med Res Methodol.* 2003;3:25.
47. Whiting P, Rutjes AW, Dinnes J, Reitsma J, Bossuyt PM, Kleijnen J. Development and validation of methods for assessing the quality of diagnostic accuracy studies. *Health Technol Assess.* 2004;8(25):iii,1-iii234.
48. Shea BJ, Grimshaw JM, Wells GA, Boers M, Andersson N, Hamel C, et al. Development of AMSTAR: a measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews. *BMC Med Res Methodol.* 2007;7:10.
49. Boletín oficial de la Junta de Andalucía. Orden 14 octubre de 2005, por la que se fijan los precios de los servicios sanitarios prestados por centro dependientes del sistema sanitario público de Andalucía. *BOJA* núm. 210 de 27/10/2005.
50. Servicio Andaluz de Salud. Resolución 0002/2012, de 23 de enero de la Dirección General de Personal y Desarrollo Profesional sobre retribuciones de personal de centros e instituciones sanitarias para el ejercicio 2012. [Internet] 2012 [Citado 3 Junio 2013]. Disponible en: [http://www.sas.junta-andalucia.es/principal/documentosacc.asp?pagina=pr\\_retribuciones2012](http://www.sas.junta-andalucia.es/principal/documentosacc.asp?pagina=pr_retribuciones2012).
51. Gunst M, Ghaemmaghami V, Sperry J, Robinson M, O'Keefe T, Friese R et al. Accuracy of cardiac function and volume status estimates using the bedside echocardiographic assessment in trauma/critical care. *J Trauma.* 2008;65(3):509-16.
52. Boyle M, Steel L, Flynn GM, Murgu M, Nicholson L, O'Brien M. et al. Assessment of the clinical utility of an ultrasonic monitor of cardiac output (the USCOM) and agreement with thermodilution measurement. *Crit Care Resusc.* 2009;11(3):198-203.
53. Gujjar AR, Muralidhar K, Banakal S, Gupta R, Sathyaprabha TN, Jairaj PS. Non-invasive cardiac output by transthoracic electrical bioimpedance in post-cardiac surgery patients: comparison with thermodilution method. *J Clin Monit Comput.* 2008;22(3):175-80.
54. Jain S, Allins A, Salim A, Vafa A, Wilson MT, Margulies DR. Noninvasive Doppler ultrasonography for assessing cardiac function: can it replace the Swan-Ganz catheter? *Am J Surg.* 2008;196(6):961-7.

55. Sharma V, Singh A, Kansara B, Karlekar A. Comparison of transthoracic electrical bioimpedance cardiac output measurement with thermodilution method in post coronary artery bypass graft patients. *Ann Card Anaesth.* 2011;14(2):104-10.
56. Horster S, Stemmler HJ, Strecker N, Brettner F, Hausmann A, Cnossen J et al. Cardiac Output Measurements in Septic Patients: Comparing the Accuracy of USCOM to PiCCO. *Crit Care Res Pract.* 2012;2012:270631.
57. Fellahi JL, Fischer MO, Rebet O, Massetti M, Gerard JL, Hanouz JL. A comparison of endotracheal bioimpedance cardiography and transpulmonary thermodilution in cardiac surgery patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2012; 26(2):217-22.
58. Raue W, Swierzy M, Koplín G, Schwenk W. Comparison of electrical velocimetry and transthoracic thermodilution technique for cardiac output assessment in critically ill patients. *Eur J Anaesthesiol.* 2009; 26(12):1067-71.
59. Udy AA, Altukroni M, Jarrett P, Roberts JA, Lipman J. A comparison of pulse contour wave analysis and ultrasonic cardiac output monitoring in the critically ill. *Anaesth Intensive Care.* 2012;40(4):631-7.
60. McLean AS, Huang SJ, Kot M, Rajamani A, Hoyling L. Comparison of cardiac output measurements in critically ill patients: FloTrac/Vigileo vs transthoracic Doppler echocardiography. *Anaesth Intensive Care.* 2011;39(4):590-8.
61. Franchi F, Falciani E, Donadello K, Zaca V, Silvestri R, Taccone FS, et al. Echocardiography and pulse contour analysis to assess cardiac output in trauma patients. *Minerva Anesthesiol.* 2013;79(2):137-46.
62. Bataille B, Bertuit M, Mora M, Mazerolles M, Cocquet P, Masson B, et al. Comparison of esCCO and transthoracic echocardiography for non-invasive measurement of cardiac output intensive care. *Br J Anaesth.* 2012;109(6):879-86.
63. Marque S, Cariou A, Chiche JD, Squara P. Comparison between FloTrac-Vigileo and Bioreactance, a totally noninvasive method for cardiac output monitoring. *Crit Care.* 2009;13(3):R73.
64. Chakravarthy M, Rajeev S, Jawali V. Cardiac index value measurement by invasive, semi-invasive and non invasive techniques: a prospective study in postoperative off pump coronary artery bypass surgery patients. *J Clin Monit Comput.* 2009;23(3):175-80.

65. Mekis D, Kamenik M, Starc V, Jeretin S. Cardiac output measurements with electrical velocimetry in patients undergoing CABG surgery: a comparison with intermittent thermodilution. *Eur J Anaesthesiol.* 2008;25(3):237-42.
66. Thom O, Taylor DM, Wolfe RE, Cade J, Myles P, Krum H, et al. Comparison of a supra-sternal cardiac output monitor (USCOM) with the pulmonary artery catheter. *Br J Anaesth.* 2009;103(6):800-4.
67. Yamada T, Tsutsui M, Sugo Y, Sato T, Akazawa T, Sato N, et al. Multicenter study verifying a method of noninvasive continuous cardiac output measurement using pulse wave transit time: a comparison with intermittent bolus thermodilution cardiac output. *Anesth Analg.* 2012;115(1):82-7.
68. Chew HC, Devanand A, Phua GC, Loo CM. Oesophageal Doppler ultrasound in the assessment of haemodynamic status of patients admitted to the medical intensive care unit with septic shock. *Ann Acad Med Singapore.* 2009;38(8):699-703.
69. Raval NY, Squara P, Cleman M, Yalamanchili K, Winklmaier M, Burkhoff D. Multicenter evaluation of noninvasive cardiac output measurement by bioreactance technique. *J Clin Monit Comput.* 2008; 22(2):113-9.
70. Lelyveld-Haas LE, van Zanten AR, Borm GF, Tjan DH. Clinical validation of the non-invasive cardiac output monitor USCOM-1A in critically ill patients. *Eur J Anaesthesiol.* 2008;25(11):917-24.
71. Fellahi JL, Caille V, Charron C, Deschamps-Berger PH, Vieillard-Baron A. Noninvasive assessment of cardiac index in healthy volunteers: a comparison between thoracic impedance cardiography and Doppler echocardiography. *Anesth Analg* 2009; 108(5):1553-1559.
72. Chong SW, Peyton PJ. A meta-analysis of the accuracy and precision of the ultrasonic cardiac output monitor (USCOM). *Anaesthesia.* 2012; 67(11):1266-71.
73. Peyton PJ, Chong SW. Minimally invasive measurement of cardiac output during surgery and critical care: a meta-analysis of accuracy and precision. *Anesthesiology.* 2010;113(5):1220-35.
74. Laupland KB, Bands CJ. Utility of esophageal Doppler as a minimally invasive hemodynamic monitor: a review. *Can J Anaesth.* 2002; 49(4):393-401.
75. Singer M. Esophageal Doppler monitoring of aortic blood flow: beat-by-beat cardiac output monitoring. *Int Anesthesiol Clin.* 1993;31(3):99-125.

76. Huttemann E. Transoesophageal echocardiography in critical care. *Minerva Anesthesiol.* 2006;72(11):891-913.
77. Corcoran T, Rhodes JE, Clarke S, Myles PS, Ho KM. Perioperative fluid management strategies in major surgery: a stratified meta-analysis. *Anesth Analg.* 2012; 114(3):640-51.
78. Giglio MT, Marucci M, Testini M, Brienza N. Goal-directed haemodynamic therapy and gastrointestinal complications in major surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Br J Anaesth.* 2009;103(5):637-46.
79. Dalfino L, Giglio MT, Puntillo F, Marucci M, Brienza N. Haemodynamic goal-directed therapy and postoperative infections: earlier is better. A systematic review and meta-analysis. *Crit Care.* 2011;15(3):R154.
80. Giglio M, Dalfino L, Puntillo F, Rubino G, Marucci M, Brienza N. Haemodynamic goal-directed therapy in cardiac and vascular surgery. A systematic review and meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2012;15(5):878-87.
81. Cholley BP, Payen D. Noninvasive techniques for measurements of cardiac output. *Curr Opin Crit Care* 2005; 11(5):424-429.
82. Freund PR. Transesophageal Doppler scanning versus thermodilution during general anesthesia. An initial comparison of cardiac output techniques. *Am J Surg.* 1987;153(5):490-4.
83. Lefrant JY, Bruelle P, Aya AG, Saissi G, Dauzat M, de La Coussaye JE, et al. Training is required to improve the reliability of esophageal Doppler to measure cardiac output in critically ill patients. *Intensive Care Med.* 1998;24(4):347-52.
84. Manasia AR, Nagaraj HM, Kodali RB, Croft LB, Oropello JM, Kohli-Seth R, et al. Feasibility and potential clinical utility of goal-directed transthoracic echocardiography performed by noncardiologist intensivists using a small hand-carried device (SonoHeart) in critically ill patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2005;19(2):155-9.
85. Dey I, Sprivilis P. Emergency physicians can reliably assess emergency department patient cardiac output using the USCOM continuous wave Doppler cardiac output monitor. *Emerg Med Australas.* 2005;17(3):193-9.
86. Chand R, Mehta Y, Trehan N. Cardiac output estimation with a new Doppler device after off-pump coronary artery bypass surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2006;20(3):315-9.

87. Marini JJ. Meta-analysis: convenient assumptions and inconvenient truth. *Crit Care Med*. 2008;36(1):328-9.
88. Tobin MJ, Jubran A. Meta-analysis under the spotlight: focused on a meta-analysis of ventilator weaning. *Crit Care Med*. 2008;36(1):1-7.
89. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986;1(8476):307-10.
90. Garcia X, Mateu L, Maynar J, Mercadal J, Ochagavia A, Ferrandiz A. Estimating cardiac output. Utility in the clinical practice. Available invasive and non-invasive monitoring. *Med Intensiva*. 2011;35(9):552-61.
91. Seneff M. Arterial line placement and care in intensive care medicine. En: Irwin RS, Rippe JM, editor. *Manual of intensivecare medicine*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 2003;p.36-45
92. National Institute for Health and Care Excellence. CardioQ-ODM (oesophageal Doppler monitor): guidande. [Internet]. 2011 [citado 3 Junio 2013]. Disponible en: <http://www.nice.org.uk/nicemedia/live/13312/52624/52624.pdf>



# Anexos

## Anexo I

### Estrategias de búsqueda

**Database:** Ovid MEDLINE(R) without Revisions <1996 to January Week 2 2013>, Ovid MEDLINE(R) In-Process & Other Non-Indexed Citations <January 18, 2013>, Ovid MEDLINE(R) Daily Update <January 18, 2013>

#### Search Strategy

1. "22147648" .ui.
2. exp \*Hemodynamics/
3. \*Monitoring, Physiologic/
4. (h?emodynamic\* or monitor\*).ti,ab.
5. exp \*Cardiac Output/
6. ((cardiac or heart) adj2 output\*).ti,ab.
7. \*Intensive Care/ec, mt, st [Economics, Methods, Standards]
8. Critical Illness/
9. Critical Care/
10. Intensive Care Units/
11. ((critical or intensive) adj3 (care or medicine or unit\$)).ti,ab.
12. 2 or 3 or 4
13. 5 or 6
14. 7 or 8 or 9 or 10 or 11
15. 12 and 13 and 14
16. limit 15 to yr="2008 -Current"
17. limit 16 to (editorial or letter)
18. 16 not 17

19. (clinical trial or clinical trial phase i or clinical trial phase ii or clinical trial phase iii or clinical trial phase iv or comparative study or multicenter study or randomized controlled trial or controlled clinical trial).pt.
20. exp clinical trial/ or comparative study/ or evaluation studies/
21. exp clinical trials as topic/ or double-blind method/ or random allocation/ or single-blind method/
22. Placebos/
23. Research Design/
24. follow-up studies/
25. Prospective Studies/
26. (clin\* adj5 trial\*).ti,ab.
27. ((singl\* or doubl\* or trebl\* or tripl\*) adj5 (blind\* or mask\*)).ti,ab.
28. placebo?.ti,ab.
29. random\*.ti,ab.
30. (control\* or prospectiv\* or volunteer\*).ti,ab.
31. or/19-30
32. animals/ not humans/
33. 31 not 32
34. 18 and 33

**Database:** Ovid MEDLINE(R) without Revisions <1996 to January Week 2 2013>, Ovid MEDLINE(R) In-Process & Other Non-Indexed Citations <January 18, 2013>, Ovid MEDLINE(R) Daily Update <January 18, 2013>

### **Search Strategy**

1. "22147648".ui.
2. exp \*Hemodynamics/
3. \*Monitoring, Physiologic/
4. (h?emodynamic\* or monitor\*).ti,ab.
5. exp \*Cardiac Output/
6. ((cardiac or heart) adj2 output\*).ti,ab.
7. \*Intensive Care/ec, mt, st [Economics, Methods, Standards]

8. Critical Illness/
9. Critical Care/
10. Intensive Care Units/
11. ((critical or intensive) adj3 (care or medicine or unit\$)).ti,ab.
12. 2 or 3 or 4
13. 5 or 6
14. 7 or 8 or 9 or 10 or 11
15. 12 and 13 and 14
16. limit 15 to yr="2008 -Current"
17. limit 16 to (editorial or letter)
18. 16 not 17
19. meta-analysis/
20. (metaanal\* or meta anal\*).ti.
21. meta analysis.pt.
22. "review".pt.
23. technical report.pt.
24. "review"/
25. (systematic adj1 (review\* or overview\*)).ti.
26. ((review adj3 literature) not (report and (case\* or patient\*))).ti.
27. "letter".pt.
28. case reports.pt.
29. historical article.pt.
30. or/19-26
31. or/27-28
32. 30 not 31
33. animals/ not humans/
34. 32 not 33
35. 18 and 34

**Database: Ovid MEDLINE(R)** without Revisions <1996 to January Week 2 2013>, Ovid MEDLINE(R) In-Process & Other Non-Indexed Citations <January 22, 2013>, Ovid MEDLINE(R) Daily Update <January 22, 2013>

### **Search Strategy**

1. "22147648".ui.
2. exp \*Hemodynamics/
3. \*Monitoring, Physiologic/
4. (h?emodynamic\* or monitor\*).ti,ab.
5. exp \*Cardiac Output/
6. (((cardiac or heart) adj2 output\*) or "stroke volume").ti,ab.
7. \*Intensive Care/ec, mt, st [Economics, Methods, Standards]
8. Critical Illness/
9. Critical Care/
10. Intensive Care Units/
11. ((critical or intensive) adj3 (care or medicine or unit\$)).ti,ab.
12. 2 or 3 or 4
13. 5 or 6
14. 7 or 8 or 9 or 10 or 11
15. 12 and 13 and 14
16. limit 15 to yr="2008 -Current"
17. (clinical trial or clinical trial phase i or clinical trial phase ii or clinical trial phase iii or clinical trial phase iv or comparative study or multicenter study or randomized controlled trial or controlled clinical trial).pt.
18. exp clinical trial/ or comparative study/ or evaluation studies/
19. exp clinical trials as topic/ or double-blind method/ or random allocation/ or single-blind method/
20. Placebos/
21. Research Design/
22. follow-up studies/
23. Prospective Studies/

24. (clin\* adj5 trial\*).ti,ab.
25. ((singl\* or doubl\* or trebl\* or tripl\*) adj5 (blind\* or mask\*)).ti,ab.
26. placebo?.ti,ab.
27. random\*.ti,ab.
28. (control\* or prospectiv\* or volunteer\*).ti,ab.
29. or/17-28
30. animals/ not humans/
31. 29 not 30
32. 16 and 31

**Database: Ovid MEDLINE(R)** without Revisions <1996 to January Week 2 2013>, Ovid MEDLINE(R) In-Process & Other Non-Indexed Citations <January 22, 2013>, Ovid MEDLINE(R) Daily Update <January 22, 2013>

#### Search Strategy

1. "22147648".ui.
2. exp \*Hemodynamics/
3. \*Monitoring, Physiologic/
4. (h?emodynamic\* or monitor\*).ti,ab.
5. exp \*Cardiac Output/
6. (((cardiac or heart) adj2 output\*) or "stroke volume").ti,ab.
7. \*Intensive Care/ec, mt, st [Economics, Methods, Standards]
8. Critical Illness/
9. Critical Care/
10. Intensive Care Units/
11. ((critical or intensive) adj3 (care or medicine or unit\$)).ti,ab.
12. 2 or 3 or 4
13. 5 or 6
14. 7 or 8 or 9 or 10 or 11
15. 12 and 13 and 14
16. limit 15 to yr="2008 -Current"

17. meta-analysis/
18. (metaanal\* or meta anal\*).ti.
19. meta analysis.pt.
20. "review".pt.
21. technical report.pt.
22. "review"/
23. (systematic adj1 (review\* or overview\*)).ti.
24. ((review adj3 literature) not (report and (case\* or patient\*))).ti.
25. "letter".pt.
26. case reports.pt.
27. historical article.pt.
28. or/17-24
29. or/25-26
30. 28 not 29
31. animals/ not humans/
32. 30 not 31
33. 16 and 32

**Database: Ovid MEDLINE(R)** without Revisions <1996 to January Week 2 2013>, Ovid MEDLINE(R) In-Process & Other Non-Indexed Citations <January 22, 2013>, Ovid MEDLINE(R) Daily Update <January 22, 2013>

#### Search Strategy

1. exp \*Hemodynamics/
2. \*Monitoring, Physiologic/
3. h?emodynamic\*.ti,ab. or monitor\*.ti.
4. exp \*Cardiac Output/
5. (((cardiac or heart) adj2 output\*) or "stroke volume").ti,ab.
6. \*Intensive Care/ec, mt, st [Economics, Methods, Standards]
7. Critical Illness/
8. Critical Care/

9. Intensive Care Units/
10. ((critical or intensive) adj1 (care or medicine or unit\$)).ti,ab.
11. 1 or 2 or 3
12. 4 or 5
13. 6 or 7 or 8 or 9 or 10
14. 11 and 12 and 13
15. limit 14 to yr="2008 -Current"
16. (risk? or complication? or hazard or safe\*).ti.
17. ((medical or surgical) adj2 (error? or mistake?)).ti.
18. (patient? or nursing) adj2 (handoff? or handover?)).ti.
19. ((hazard or safety) adj2 (control? or management or surveillance)).ti.
20. ((adverse or SIDE or UNDESIRABLE) adj2 (effect? or reaction? or event?)).ti.
21. ae.xs.
22. \*Patient Handoff/ or \*Safety Management/ or \*Medical Errors/
23. exp \*Diagnostic Errors/
24. exp \*inappropriate prescribing/ or exp \*medication errors/
25. \*Patient Safety/ or \*Risk Assessment/
26. 22 or 23 or 24 or 25
27. 16 or 17 or 18 or 19 or 20 or 21
28. 26 or 27
29. 14 and 28

# Anexo II

## Modelo de ficha resumen utilizada

<b>Metodología</b>
Diseño Tipo de estudio
Lugar de realización
Técnicas de comparación
Población Criterios de inclusión: Criterios de exclusión:
Cálculo del tamaño muestral
Enmascaramiento:
Detalles de la medición de gasto cardíaco (CO: cardiac outcome) y/o índice cardíaco (CI: index cardiac)
Análisis

<b>Resultados</b>
N de pacientes (incluidos, evaluados y número de mediciones realizadas)
Características de pacientes
Datos de las mediciones
Referencias a seguridad: Conflicto de intereses

<b>Conclusiones del equipo investigador</b>

<b>Información adicional</b>

## Anexo III

### Artículos excluidos tras revisión a texto completo y motivo de exclusión

Artículos revisados a texto completo	
Autor y título	Motivo de exclusión
Alhashemi JA, Cecconi M, Della RG, Cannesson M, Hofer CK. Minimally invasive monitoring of cardiac output in the cardiac surgery intensive care unit. <i>Curr Heart Fail Rep.</i> 2010;7(3):116-24.	Diseño
Bauer P, Reinhart K, Bauer M. Significance of venous oximetry in the critically ill. <i>Med Intensiva.</i> 2008;32(3):134-42.	Población/Diseño
Bayram M, Yancy CW. Transthoracic impedance cardiography: a noninvasive method of hemodynamic assessment. <i>Heart Fail Clin.</i> 2009;5(2):161-8.	Diseño
Bellomo R, Auriemma S, Fabbri A, D'Onofrio A, Katz N, McCullough PA, et al. The pathophysiology of cardiac surgery-associated acute kidney injury (CSA-AKI) <i>Int J Artif Organs</i> 2008;166-78.	Población
Benomar B, Ouattara A, Estagnasie P, Brusset A, Squara P. Fluid responsiveness predicted by noninvasive bioactance-based passive leg raise test. <i>Intensive Care Med.</i> 2010;36(11):1875-81.	Población
Cannesson M, De Backer D, Hofer CK. Using arterial pressure waveform analysis for the assessment of fluid responsiveness. <i>Expert Rev Med Devices.</i> 2011;8(5):635-46.	Diseño
Chikhani M, Moppett IK. Minimally invasive cardiac output monitoring: What evidence do we need? <i>Br J Anaes.</i> 2011;106:451-3.	Diseño
Corley A, Barnett AG, Mullany D, Fraser JF. Nurse-determined assessment of cardiac output. Comparing a non-invasive cardiac output device and pulmonary artery catheter: a prospective observational study. <i>Int J Nurs Stud.</i> 2009;46(10):1291-7.	Población
De Waal E, Wappler F, Buhre W. Cardiac output monitoring. <i>Curr Opin Anaesthesiol.</i> 2009;22:71-7.	Diseño
De Backer D, Ortiz JA, Salgado D. Coupling microcirculation to systemic hemodynamics. <i>Curr Opin Crit Care.</i> 2010;16(3):250-4.	Población/Diseño
Eremenko AA, Safarov PN. Flow-regulated extracorporeal arteriovenous tubing loop for cardiac output measurements by ultrasound velocity dilution: validation in post-cardiac surgery intensive care unit patients. <i>Journal ASAIO.</i> 2010;56:522-6.	Población/Intervención
Feihl F, Broccard AF, Feihl F, Broccard AF. Interactions between respiration and systemic hemodynamics. Part II: practical implications in critical care. <i>Intensive Care Med.</i> 2009;35(2):198-205.	Diseño/Población
Fischer MO, Avram R, Carjaliu I, Massetti M, Gerard JL, Hanouz JL, et al. Non-invasive continuous arterial pressure and cardiac index monitoring with Nexfin after cardiac surgery. <i>Br J Anaesth.</i> 2012;109(4):514-21.	Población/Intervención
Frerichs I, Pulletz S, Elke G, Gawelczyk B, Frerichs A, Weiler N et al. Patient examinations using electrical impedance tomography-sources of interference in the intensive care unit. <i>Physiol Meas.</i> 2011;32(12):L1-10.	Población/Intervención

<b>Artículos revisados a texto completo</b> (Continuación)	
<b>Autor y título</b>	<b>Motivo de exclusión</b>
Gouveia V, Marcelino P, Reuter DA. The role of transesophageal echocardiography in the intraoperative period 21. <i>Curr Cardiol Rev.</i> 2011;7:184-96.	Población/Resultados
Machare-Delgado E, Decaro M, Marik PE. Inferior vena cava variation compared to pulse contour analysis as predictors of fluid responsiveness: a prospective cohort study. <i>J Intensive Care Med.</i> 2011;26(2):116-24.	Población/Resultados
Hawthorne C, Glen J, Young S. Continuous cardiac output monitors: A methodological analysis of the literature 47. <i>Intensive Care Med.</i> 2010;36:S96.	Diseño
Huang SJ, McLean AS. Appreciating the strengths and weaknesses of transthoracic echocardiography in hemodynamic assessments. <i>Cardiol Res Pract.</i> 2012;1:1	Diseño
Machare-Delgado E, Decaro M, Marik PE. Inferior vena cava variation compared to pulse contour analysis as predictors of fluid responsiveness: a prospective cohort study. <i>J Intensive Care Med.</i> 2011;26(2):116-24.	Población/Resultados
Marik PE, Marik PE. Techniques for assessment of intravascular volume in critically ill patients. <i>J Intensive Care Med.</i> 2009; 24(5):329-37.	Diseño
Mark DG, Hayden GE, Ky B, Paszczuk A, Pugh M, Matthews S et al. Hand-carried echocardiography for assessment of left ventricular filling and ejection fraction in the surgical intensive care unit. <i>J Crit Care.</i> 2009; 24(3):470-7.	Población/Resultados
Mateu Campos ML, Ferrandiz SA, Gruartmoner d, V, Mesquida FJ, Sabatier CC, Poveda HY et al. Techniques available for hemodynamic monitoring. Advantages and limitations 7. <i>Med Intensiva.</i> 2012;36:434-44.	Diseño
Mekontso DA, Proost O, Boissier F, Louis B, Roche CF, Brochard L et al. Transesophageal echocardiography in prone position during severe acute respiratory distress syndrome. <i>Inten Care Med.</i> 2011;37(3):430-4.	Población/Intervención
Mellert F, Lindner P, Schiller W, Gersing E, Heinze I, Kreuz J et al. Therapeutic optimization of atrioventricular delay in cardiosurgical ICU patients by noninvasive cardiac output measurements versus pulse contour analysis. <i>Thorac Cardiovasc Surg.</i> 2008;56(5):269-73.	Población/Resultados
Memis D, Inal MT, Sut N. The effects of levosimendan vs dobutamine added to dopamine on liver functions assessed with noninvasive liver function monitoring in patients with septic shock. <i>J Crit Care.</i> 2012; 27(3):318-6.	Población/Intervención
Monnet X, Teboul JL. Passive leg raising. <i>Netherlands Journal of Critical Care</i> 2010; 14: 201-205.	Diseño/Población
Morgan P, Al Subaie N, Rhodes A. Minimally invasive cardiac output monitoring. <i>Curr Opin Crit Care.</i> 2008;14:322-6.	Población/Diseño
Muders T, Luepschen H, Putensen C. Impedance tomography as a new monitoring technique. <i>Curr Opin Crit Care.</i> 2010;16(3):269-75.	Diseño
Nguyen HB, Banta DP, Stewart G, Kim T, Bansal R, Anholm J et al. Cardiac index measurements by transcutaneous Doppler ultrasound and transthoracic echocardiography in adult and pediatric emergency patients. <i>J Clin Monit Comput.</i> 2010;24(3):237-47.	Población
Noritomi DT, Vieira ML, Mohovic T, Bastos JF, Cordioli RL, Akamine N et al. Echocardiography for hemodynamic evaluation in the intensive care unit. <i>Shock.</i> 2010;34 (Suppl 1):59-62.	Diseño

<b>Artículos revisados a texto completo (Continuación)</b>	
<b>Autor y título</b>	<b>Motivo de exclusión</b>
Parnell AD, Massey NJ. Postoperative care of the adult cardiac surgical patient. <i>Anaesth Intensive Care</i> . 2009;10:430-6.	Diseño
Peyton PJ,. Continuous minimally invasive peri-operative monitoring of cardiac output by pulmonary capnotracking: comparison with thermodilution and transesophageal echocardiography. <i>J Clin Monit Comput</i> . 2012;26(2):121-32.	Población/Intervención
Phillips R, Lichtenthal P, Sloniger J, Burstow D, West M, Copeland J, et al. Noninvasive cardiac output measurement in heart failure subjects on circulatory support. <i>Anesth Analg</i> . 2009;108:881-6.	Población/Intervención
Rex S, De Waal EEC, Buhre W. Perioperative haemodynamic monitoring 39. <i>Anesthesiologie und Intensivmedizin</i> . 2010;51:160-77.	Diseño
Robert JM, Floccard B, Crozon J, Boyle EM, Levrat A, Guillaume C, et al. Residents and ICU nurses get reliable static and dynamic haemodynamic assessments with aortic oesophageal Doppler. <i>Acta Anaesthesiol Scand</i> . 2012;56:441-8.	Población/Resultados
Schmittinger CA, Dunser MW, Haller M, Ulmer H, Luckner G, Torgersen C, et al. Combined milrinone and enteral metoprolol therapy in patients with septic myocardial depression. <i>Critical Care</i> . 2008;12(4):R99.	Población/Resultados
Schober P, Loer SA, Schwarte LA. Haemodynamic monitoring of critically ill patients with transoesophageal Doppler technology. <i>Crit Care Resusc</i> . 2010;14:388-94.	Diseño
Tchorz K, Chandra M, Markert R, Healy M, Anderson H, Ekeh A, et al. Comparison of hemodynamic measurements from invasive and noninvasive monitoring during early resuscitation. <i>J Trauma</i> . 2012;72:852-60.	Población
Tsapenko MV, Tsapenko AV, Comfere TB, Mour GK, Mankad SV, Gajic O, et al. Arterial pulmonary hypertension in noncardiac intensive care unit. <i>Vasc Health Risk Manag</i> . 2008;4(5):1043-60.	Diseño
Vallee F, Richard JC, Mari A, Gallas T, Arsac E, Verlaan PS, et al. Pulse pressure variations adjusted by alveolar driving pressure to assess fluid responsiveness. <i>Intensive Care Med</i> . 2009;35:1004-10.	Intervención/Población
Vincent JL, Rhodes A, Perel A, Martin GS, Della RG, Vallet B, et al. Clinical review: Update on hemodynamic monitoring a consensus of 16. <i>Critical Care</i> . 2011;15(4):229.	Diseño
Winters ME, McCurdy MT, Zilberstein J. Monitoring the critically ill emergency department patient. <i>Emerg Med Clin North Am</i> . 2008;26(3):741-57.	Diseño
Young BP, Low LL. Noninvasive Monitoring Cardiac Output Using Partial CO2 Rebreathing. <i>Critical Care Clinics</i> . 2010;26:383-92.	Diseño
Yuela JM, Clau TF, Ochagavia A, Vicho PR, yuela Azcarate JM, Clau Terre F, et al. Role of echocardiography in the hemodynamic monitorization of critical patients. <i>Med Intensiva</i> . 2012;36:220-32.	Diseño
Tehrani JN, Jin C, McEwan AL, Tehrani JN, Jin C, McEwan AL. Modelling of an oesophageal electrode for cardiac function tomography. <i>Comput Math Methods Med</i> . 2012;2012:585786.	Población/Resultados
Thooft A, Favory R, Salgado DR, Taccone FS, Donadello K, De BD, et al. Effects of changes in arterial pressure on organ perfusion during septic shock. <i>Critical Care</i> . 2011;15(5):R222.	Población/Resultados

## Anexo IV

### Herramientas para la evaluación de la calidad de los artículos incluidos: QUADAS y AMSTAR

Herramienta QUADAS	
Item 1	¿Es representativa la muestra?
Item 2	¿Se describen bien los criterios de selección?
Item 3	¿Clasifica bien el patrón de referencia?
Item 4	Si el patrón y la prueba no se aplican simultáneamente, ¿es razonable pensar que la enfermedad no haya evolucionado en ese tiempo?
Item 5	¿Sesgo de verificación parcial?
Item 6	¿Sesgo de verificación diferencial?
Item 7	¿Es el patrón de referencia independiente de la prueba? (p. ej. la prueba no forma parte del patrón)
Item 8	Detalle de la ejecución de la prueba
Item 9	Detalle de la ejecución del estándar
Item 10	¿Se interpretó la prueba sin conocer el resultado del patrón?
Item 11	¿Se interpretó el patrón sin conocer el resultado de la prueba?
Item 12	¿La información clínica disponible en la interpretación de la prueba es la misma que habrá cuando se use en la práctica?
Item 13	¿Se informa de los resultados no interpretables?
Item 14	¿Se explican las pérdidas?

<b>Herramienta AMSTAR</b>	
<b>Item 1</b>	¿Se facilitó a priori el diseño? La pregunta de investigación y los criterios de inclusión se deben establecer antes de la realización de la revisión.
<b>Item 2</b>	¿Se realizó una selección de los estudios y la extracción de datos por duplicado? Deben existir dos revisores independientes y un procedimiento de consenso para desacuerdos.
<b>Item 3</b>	¿Se realizó una búsqueda exhaustiva de la literatura? Se utilizaron al menos dos fuentes electrónicas. El informe incluye años y bases de datos utilizadas (p. ej. Embase, MedLine), palabras clave, descriptores. Todas las búsquedas deben estar completadas mediante la consulta de registros, libros, expertos y referencias en los estudios encontrados.
<b>Item 4</b>	¿Se tuvo en cuenta el estado de las publicaciones (p. ej. literatura gris) como criterio de inclusión?
<b>Item 5</b>	¿Se ofrece un listado de los estudios incluidos y excluidos?
<b>Item 6</b>	¿Se ofrecen las características de los estudios incluidos? De manera agregada se ofrecen datos de los estudios originales (participantes, intervención y resultados). Rango de las características de todos los estudios analizados (p. ej. edad, raza, sexo, datos socioeconómicas, estado de la enfermedad, duración, severidad u otras enfermedades).
<b>Item 7</b>	¿Se informa sobre la evaluación de la calidad de los estudios incluidos?
<b>Item 8</b>	¿En la formulación de las conclusiones se utilizó de forma apropiada la evaluación de la calidad de los estudios incluidos? Los resultados del rigor metodológico y la calidad científica deben ser tenidos en cuenta en el análisis y conclusiones de la revisión, y explícitamente considerados en la formulación de las recomendaciones.
<b>Item 9</b>	¿Fueron adecuados los métodos para combinar los resultados? Se utilizó un método estadístico para asegurar que los estudios eran combinables y para valorar la homogeneidad (p. ej. I <sup>2</sup> ). Si existió heterogeneidad se utilizó un modelo de efectos aleatorios y /o una aproximación clínica apropiada fue utilizada.
<b>Item 10</b>	¿Se evaluó la probabilidad del sesgo de publicación? Una evaluación del sesgo de publicación debe incluirse en combinación de un gráfico y/o un test estadístico (p. ej, test de regresión de Egger).
<b>Item 11</b>	¿Se informa sobre los conflictos de intereses? Las potenciales fuentes deben ser claramente recogidas en la revisión sistemática y en los estudios incluidos.

# Anexo V

## Fichas resumen artículos incluidos

### Referencia

Bataille B, Bertuit M, Mora M, Mazerolles M, Cocquet P, Masson B, et al. Comparison of esCCO and transthoracic echocardiography for non-invasive measurement of cardiac output intensive care. *Br J Anaesth.* 2012;109:879-86.

<b>Metodología</b>
<b>Tipo de estudio:</b> Concordancia
<b>Lugar de realización</b> Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Narbonne (Francia).
<b>Técnicas de comparación</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Sistema de estimación continua de gasto cardíaco (esCCO) (Nihon Kohden®, Tokyo, Japan).</li><li>• Ecocardiografía transtorácica (TTE), "Sonosite® MicroMaxx" (2-4MHz).</li></ul>
<b>Población</b> <b>Criterios de inclusión:</b> Pacientes ingresados en UCI, independientemente del diagnóstico. <b>Criterios de exclusión:</b> Pacientes menores de 18 años o con estenosis aortica severa.
<b>Cálculo del tamaño muestral</b> El tamaño muestral fue calculado para un rango de equivalencia de $\pm 0,5$ L/min y límites de concordancia de $\pm 2$ L/min con una significación para dos colas del 5% y un nivel de confianza del 80 %.
<b>Enmascaramiento:</b> Sí
<b>Detalles de la medición de gasto cardíaco (CO: cardiac outcome) y/o índice cardíaco (CI: index cardiac)</b> La calibración del sistema esCCO se realizaba antes de cada medición. Las medidas de gasto cardíaco (CO) se obtenían simultáneamente cada vez que el paciente lo requería, por ello el número de medidas por paciente es variable.
<b>Análisis</b> Medias, desviación típica (ds), significación $p < 0,05$ . Análisis de Bland- Altman para comparar la media de diferencias, precisión (ds de la media de diferencias) y límite de concordancia (calculado como media de diferencias $\pm 1,96$ ds). Por último, el porcentaje de error (ratio de precisión de la media de CO de 2 métodos) determinado por los criterios de Critchley and Critchley.

## Resultados

### N de pacientes (incluidos, evaluados y número de mediciones realizadas)

Se incluyeron un total de 38 pacientes, de ellos se excluyeron a 4 por problemas de calibración en el contexto de la arritmia, 1 ausencia de onda en pletismografía en el contexto de *shock* séptico con coagulación intravascular diseminada y 1 por neumotórax izquierdo. Se obtuvieron 103 pares de medidas.

### Características de pacientes

El número medio de medidas por paciente fue de 3, oscilando entre 1 y 9 medidas. La edad media de la muestra fue de 65 años, oscilando entre 20 y 85 años, siendo el peso medio de 75 kg ( $ds \pm 17$ ) y la altura media de 168 cm ( $ds \pm 10$ ). El número de hombres incluidos fue de 25 (66%), mientras que el de mujeres fue 13 (34 %). La puntuación media del SAPS2 fue 37 ( $ds \pm 14$ ).

### Datos de las mediciones

El valor medio del gasto cardíaco de las medidas mediante esCCO COesCCO fueron:  $7 \pm 1,9$  l/min, mientras los obtenidos por ecocardiografía transtorácica fueron COTTE  $5,6 \pm 1,4$  l/min, siendo esta diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,0001$ ). El Coeficiente de Correlación entre las medidas fue  $r=0,61$  ( $p < 0,001$ ). La media de las diferencias fue de  $-1,6$  L/min, estando el límite de concordancia entre  $-4,7$  a  $1,5$ , siendo el porcentaje de error del 49 %.

	Dif. medias	LOA	% error	Coef. correlación
CO <sub>TTE</sub> y CO <sub>esCCO</sub>	-1,6 L/min	-4,7 a 1,5 L/min	49 %	$r=0,61$ $P < 0,001$

Los cambios en CO entre dos medidas consecutivas medidas con esCCO y ecocardiografía transtorácica fueron evaluadas. El Coeficiente de Correlación entre  $\Delta$ COTTE y  $\Delta$ COesCCO fue significativo ( $r=0,63$ ;  $p < 0,0001$ ), pero la concordancia entre pruebas fue pobre (73 %). Así, en el 27 % de las medidas, las variaciones de CO mostraban una relación inversa, es decir una variación negativa con una técnica, mientras que para la otra técnica era positiva.

**Referencias a seguridad:** Cuatro pacientes se excluyeron del estudio, ya que se produjeron problemas de calibración.

**Conflicto de interés:** No

## Conclusiones del equipo investigador

En pacientes críticos, la utilización de la técnica de monitorización hemodinámica esCCO no presentó buenos resultados por lo que no podría recomendarse, de forma general, en pacientes ingresados en UCI. Además, presentó errores en los registros de tendencia de las medidas del gasto cardíaco.

## Información adicional

Se encontró una relación log-lineal significativa entre la media de las diferencias y la estimación de la resistencia vascular sistémica ( $r=-0,45$   $p < 0,001$ ).

## Referencia

Boyle M, Steel L, Flynn GM, Murgo M, Nicholson L, O'Brien M, et al. Assessment of the clinical utility of an ultrasonic monitor of cardiac output (the USCOM) and agreement with thermodilution measurement. Crit Care Resusc. 2009;11(3):198-203.

<b>Metodología</b>
<b>Tipo de estudio:</b> Validez
<b>Lugar de realización</b> Unidades de cuidados intensivos generales y de cirugía cardíaca del Hospital de Príncipe de Wales (Sydney, Australia), entre diciembre 2006 y diciembre 2007.
<b>Técnicas de comparación</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• USCOM (Ultrasonic Cardiac Output Monitor, USCOM Ltd, Sydney, NSW).</li><li>• Termodilución (TD): termodilución en arteria pulmonar (TDpa) o termodilución transpulmonar (TDTP) (Pulsioath, Pulsion Medical Systems, Sydney, NSW).</li></ul>
<b>Población</b> <b>Criterios de inclusión:</b> Adultos de las Unidades de Cuidados Intensivos y en la unidad de cirugía cardíaca, que presentaban un catéter de arteria pulmonar o de un catéter arterial para la medición del gasto cardíaco. <b>Criterios de exclusión:</b> No son descritos.
Cálculo del tamaño muestral No
<b>Enmascaramiento:</b> Sí
<b>Detalles de la medición de gasto cardíaco (CO: cardiac outcome) y/o índice cardíaco (CI: cardiac index)</b> Los valores de índice cardíaco obtenidos mediante termodilución se obtuvieron tras la administración de tres bolos en un momento aleatorio del ciclo respiratorio. Igualmente, el índice cardíaco mediante USCOM se obtuvo como la media del ciclo respiratorio, se consideró como el tiempo para obtener una señal aceptable limitado a 15 minutos. Se obtuvieron 2 medidas de índice y gasto cardíaco por paciente. En aquellos pacientes sometidos a cirugía cardíaca se obtuvieron las medidas en las 4 primeras horas del postoperatorio y entre las 8:00 y 10:00 del primer día del postoperatorio (12-24 horas más tarde). En los pacientes ingresados en la UCI se tomaron las medidas cada 24 horas. Las mediciones realizadas con USCOM se obtuvieron antes que las de termodilución, estando el monitor de USCOM cegado a la medición TD.
<b>Análisis</b> Medias, desviación típica (SD), significación $p < 0,05$ . Se utilizó el análisis de Bland-Altman para comparar la media de las diferencias, precisión (IC 95 %) y límite de concordancia. El porcentaje de error se calculó por el límite de concordancia/media del índice cardíaco * 100, determinado por criterios de Critchley and Critchley. Coeficiente de correlación producto o momento $r$ de Pearson para medidas de $\Delta$ CI.

## Resultados

### N de pacientes (incluidos, evaluados y número de mediciones realizadas)

Se obtuvieron un total de 110 medidas de los 55 pacientes, 18 pacientes (16 %) fueron excluidos ya que no se pudieron obtener medidas mediante doppler. Por lo tanto el número de pacientes evaluados fue de 39 con sus respectivas 39 pares de medidas.

### Características de pacientes:

La muestra estaba formada predominantemente por hombres (69 %), la edad media fue de 64,7 años ( $ds \pm 14,5$ ). De los 39 pacientes incluidos en el estudio, de ellos 20 eran de UCI general (sepsis 45 %, postquirúrgicos 20 % y otras patologías 35 %) y los otros 19 habían sido sometidos a cirugía cardíaca. La puntuación media del Apache II Score para los pacientes ingresados en UCI fue de 27 ( $ds \pm 7,8$ ).

### Datos de las mediciones:

El valor medio del índice cardíaco de las medidas con termodilución fue 3,4 ( $ds \pm 1,0$ ) oscilando entre 2 y 6 L/min/m<sup>2</sup>. El índice cardíaco obtenido mediante USCOM mostró una correlación significativa con las medidas tomadas por termodilución ( $R^2=0,33$ ;  $p<0,001$ ). La media de las diferencias fue 0,6 L/min/m<sup>2</sup> (IC 95 % 0,4-0,8), siendo el porcentaje de error del 56% (IC 95 % 45-65 %).

Entre aquellos pacientes con un balón intraaórtico la media de las diferencias fue de -0,05 L/min/m<sup>2</sup>, siendo el límite de concordancia entre -1,25 L/min/m<sup>2</sup>. Por otra parte, el 28 % de las lecturas doppler fueron clasificadas como aceptables, se consideró aceptable si se podía observar todo el ancho de la onda de una onda continua. Así, estos pacientes presentaron una media de diferencias de 0,7 L/min/m<sup>2</sup> (IC 95 % 0,2-1,2) y el porcentaje medio de error 62 % (IC 95 % 38-65 %). Los valores de índice cardíaco tomados en ausencia de fibrilación auricular mostraron un porcentaje de error del 30 % (IC 95 % 22-67 %).

Al categorizar el concordancia entre las medidas de las dos técnicas en bajo (<2,5 L/min/m<sup>2</sup>), normal (2,5-3,6 L/min/m<sup>2</sup>) y alto (>3,6 L/min/m<sup>2</sup>) y considerando a la termodilución, se obtuvo una área bajo curva para la muestra del 67 %.

**Referencias a seguridad:** En 18 pacientes (16 %) no se pudieron obtener medidas mediante las ondas de doppler.

**Conflicto de interés:** No especificado

## Conclusiones del equipo investigador

La mala concordancia entre TD y un índice considerable de no obtención de medición con USCOM sugieren que este dispositivo podría no ser adecuado como herramienta de seguimiento en pacientes ingresados en UCI.

## Información adicional

El porcentaje medio de cambio con el tiempo del índice cardíaco de las mediciones realizadas mediante termodilución fue de 0,04 ( $ds \pm 0,8$ ). El porcentaje de cambio con USCOM se mostró correlacionado con el cambio evaluado mediante termodilución ( $R^2=0,48$ ;  $p=0,002$ ). En el 84 % de las ocasiones, las mediciones mediante USCOM variaron en el mismo sentido que las medidas realizadas por termodilución.

## Referencia

Chakravarthy M, Rajeev S, Jawali V. Cardiac index value measurement by invasive, semi-invasive and non invasive techniques: a prospective study in postoperative off pump coronary artery bypass surgery patients. J Clin Monit Comput. 2009;23:175-80.

<b>Metodología</b>
<b>Tipo de estudio:</b> Validez
<b>Lugar de realización</b> Hospital terciario. Unidad de Cuidados Intensivos de cardiología, durante febrero del 2008.
<b>Técnicas de comparación</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Termodilución con catéter de arteria pulmonar (Swan-Ganz CCI/ VIP, Edward Lifesciences, LLC, Irvine, CA, USA).</li><li>• FloTrac (Edward Lifesciences, LLC, Irvine, CA, USA) conectado a una cánula de arteria femoral.</li><li>• Pletismografía corporal de impedancia (BCI): BCI monitor (Bio Z, cardiodynamics, 6.175 Nancy Ridge Drive, Suite 300, San Diego, CA 92121).</li></ul>
<b>Población</b> <b>Criterios de inclusión:</b> Pacientes admitidos en UCI de cirugía cardíaca después se someterse a cirugía programada con bypass de arteria coronaria, ritmo sinusal y normotermia. <b>Criterios de exclusión:</b> Pacientes con requerimiento o presencia de terapia inotrópica, bomba de balón intra-aórtico, enfermedad periférica vascular, evidencia de infarto miocárdico en el perioperatorio, enfermedad de órgano sistémico (renal, hepático o desorden metabólico), derivación intracardiaca, regurgitación de la válvula tricúspide y/o pulmonar y cirugía de emergencia.
<b>Cálculo del tamaño muestral</b> Se obtuvo un tamaño de 108 medidas, que demostró ser adecuado para comparar las técnicas con una significación del 5 % y un nivel de confianza del 90 %.
<b>Enmascaramiento:</b> Incierto, dice que se toman independientemente, pero no se especifica que exista enmascaramiento.
<b>Detalles de la medición de gasto cardíaco (CO: cardiac outcome) y/o índice cardíaco (CI: index cardiac)</b> Las mediciones de índice cardíaco se realizaron de manera simultánea, tras la estabilización hemodinámica del paciente. Así, se tomaron 6-7 medidas en una ventana temporal cada 30 - 40 minutos. Para las mediciones mediante BCI se requería que el paciente permaneciera en reposo, ya que los movimientos del paciente podrían generar interferencias.
<b>Análisis</b> Medias, desviación típica (ds), significación $p < 0,05$ . Análisis de Bland- Altman para comparar el sesgo, precisión y límite de concordancia.

## Resultados

### N de pacientes (incluidos, evaluados y número de mediciones realizadas)

Son incluidos y evaluados un total de 20 pacientes, de los que se obtienen 140 pares de medidas con las tres técnicas.

**Características de pacientes:** la edad media de la muestra fue de 59 años ( $ds \pm 4,5$ ), rango de edad entre 53 y 65 años, del total de la muestra 14 eran hombres y 6 mujeres. El peso medio fue de 66 ( $ds \pm 7,4$ ), rango de valores entre 59 y 76 kg.

### Datos de las mediciones

El rango de valores de índice cardíaco osciló entre 1,6 y 3,6 L/min/m<sup>2</sup>. en la siguiente tabla se muestran los parámetros de media de diferencias, límite de concordancia y precisión resultante de las tres comparaciones entre las técnicas analizadas.

Técnicas	Media de diferencias L/min/m <sup>2</sup>	Límite concordancia L/min/m <sup>2</sup>	Precisión L/min/m <sup>2</sup>
Catéter de arteria pulmonar vs Flotrac	0,02	-0,84 a 0,79	$\pm 0,06$
Flotrac vs BCI	0,18	-0,84 a 1,2	$\pm 0,08$
Catéter de arteria pulmonar vs BCI	0,16	-0,93 a 0,16	$\pm 0,08$

**Referencias a seguridad:** No hay referencias a complicaciones

**Conflicto de interés:** No especificado

## Conclusiones del equipo investigador

Todas las técnicas estudiadas se muestran similares. La técnica Flotrac™ podría ser adecuado en el período perioperatorio de los pacientes sometidos a cirugía cardíaca.

## Información adicional

## Referencia

Chew HC, Devanand A, Phua GC, Loo CM. Oesophageal Doppler ultrasound in the assessment of haemodynamic status of patients admitted to the medical intensive care unit with septic shock. Ann Acad Med Singapore. 2009;38(8):699-703.

<b>Metodología</b>
<b>Tipo de estudio:</b> Validez
<b>Lugar de realización</b> Unidad de Cuidados intensivos del hospital general de Singapur.
<b>Técnicas de comparación</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Doppler esofágico, 5-MHz, continuous-wave ED transducer (Deltex TM) conectado a analizador de espectro (CardioQ, Deltex Medical, Chichester, UK).</li><li>• Catéter de arteria pulmonary (CAP): 7-Fr balloon-tipped PAC (Baxter Edwards Critical-Care, Irvine, CA).</li></ul>
<b>Población</b> <p><b>Criterios de inclusión:</b> Pacientes con shock séptico que presenten hipotensión arterial persistente, en ausencia de otras causas de hipotensión, con monitorización hemodinámica.</p> <p><b>Criterios de exclusión:</b> Pacientes con diagnóstico o sospecha de enfermedad esofágica o aórtica, lesiones orofaciales que puedan dificultar el sondaje, enfermedad valvular cardíaca, la existencia de un balón intra-aórtico o enfermedad vascular periférica que dificultara la interpretación de los resultados.</p>
<b>Cálculo del tamaño muestral:</b> No se detalla.
<b>Enmascaramiento:</b> Sí
<b>Detalles de la medición de gasto cardíaco (CO: cardiac outcome) y/o índice cardíaco (CI: index cardiac)</b> Obtención simultánea de medidas gasto cardíaco e índice cardíaco para ambas técnicas. La rutina de obtención de datos se realiza cada 6 horas. Para las mediciones del catéter de arteria pulmonar se promediaron 3 medidas registradas, y para doppler esofagico, se utilizó el promedio de 5 medidas.
<b>Análisis</b> Medias, desviación típica (ds), significación $p < 0,05$ . Realizó una regresión lineal y análisis de Bland-Altman para determinar la correlación entre las técnicas. La comparación de medias se realizó T-test.

## Resultados

### N de pacientes (incluidos, evaluados y número de mediciones realizadas)

Se obtuvieron 97 pares de medidas de los 12 pacientes incluidos en el estudio.

### Características de pacientes

En cuanto a la muestra estudiada, la edad media fue de 59,1 años (ds  $\pm$ 16,9), estando un total de 2 (16,6 %) mujeres en la muestra, frente a 10 hombres. El peso medio fue de 60,1 (ds  $\pm$ 13,4), la altura media de 163 (ds  $\pm$  5,18) cm. La puntuación media del score Apache fue de 26, oscilando entre 21 y 34. Los diagnósticos al ingreso en la UCI fueron inestabilidad hemodinámica (n=11; 91,7 %) y para 5 pacientes (41,7 %) tratamiento renal sustitutivo agudo.

### Datos de las mediciones

Rango del gasto e índice cardíaco con CAP	CO: de 2,87 a 11 L/min; CI: de 1,73 a 6,36 L/min/m <sup>2</sup>
Rango del gasto e índice cardíaco con ED	CO: de 2,0 a 12,1 L/min; CI: de 1,2 a 7,2 L/min/m <sup>2</sup>
Coefficiente de correlación	r=0,762
Media de diferencias (límites de concordancia).	0,26 (1,7; -1,18 L/min/m <sub>2</sub> )

**Referencias a seguridad:** En las conclusiones menciona que el procedimiento de inserción ED es seguro con un mínimo complicaciones y que el doppler esofágico es relativamente fácil de usar con buena señal en todos los casos estudiados.

**Conflicto de interes:** No

### Conclusiones del equipo investigador

El doppler esofágico se muestra como una técnica segura para la determinación del índice cardíaco en pacientes con shock séptico, es fiable para la determinación de pre-carga.

### Información adicional

Se encontró una baja correlación entre las técnicas catéter de arteria pulmonar y doppler esofágico en la precarga (r=-0,372) y la resistencia vascular periférica (r=-0,026).

## Referencia

Chong SW, Peyton PJ. A meta-analysis of the accuracy and precision of the ultrasonic cardiac output monitor (USCOM). *Anaesthesia*. 2012;67:1266-71.

<b>Metodología</b>
<b>Diseño:</b> Revisión sistemática de la literatura con metanálisis
<b>Técnica evaluada:</b> Ultrasonic cardiac output monitor (USCOM)
<b>Tipo de estudios incluidos</b> <b>Criterios de inclusión:</b> Estudios realizados en humanos que comparasen la exactitud entre USCOM y la termodilución por bolo, mediante mediciones realizadas simultáneamente. Igualmente se incluyeron aquellos artículos que estuviesen publicados en revistas con revisión por pares y que los resultados estuvieran expresados como media de diferencias y precisión. <b>Criterios de exclusión:</b> Se excluyeron a aquellos estudios que para cada paciente consideraban varias medidas y no realizaban algún ajuste estadístico para controlar este efecto.
<b>Resultados</b>
<b>N de estudios incluidos</b> Se obtuvieron 10 artículos que comparasen USCOM frente a la termodilución mediante bolo. De ellos, cuatro estudios fueron excluidos ya que presentaban múltiples medidas para un mismo paciente, sin realizar alguna corrección estadística. Así, finalmente se incluyeron 6 estudios, que suponen un total de 320 pares de medidas.
<b>Resultados del estudio</b> Al realizar el meta-análisis con los estudios, se encontró que la media de las diferencias entre las técnicas fue -0,39 L/min (IC 95 %-0,25 a -0,53 L/min). La precisión fue 1,27 L/min y el porcentaje de error del 42,7 % (IC 95 % 38,5-46,9 %).
<b>Referencia a seguridad</b> La proporción de mediciones fallidas en los estudios incluidos osciló entre 5 % y 24 %, mientras que en los diez estudios.
<b>Conclusiones del equipo investigador</b>
La tecnología USCOM comparada con la termodilución mediante bolo muestra una similar precisión que otras técnicas mínimamente invasivas
<b>Información adicional</b>

## Referencia

Fellahi JL, Fischer MO, Rebet O, Massetti M, Gérard JL, Hanouz JL. A comparison of endotracheal bioimpedance cardiography and transpulmonary thermodilution in cardiac surgery patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2012;26(2):217-22.

<b>Metodología</b>
<b>Tipo de estudio:</b> Concordancia
<b>Lugar de realización</b> Unidad de Cuidados Intensivos de cirugía cardíaca del hospital universitario de Caen (Francia).
<b>Técnicas de comparación</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bioimpedancia (Endotracheal monitor Cardiac Output: ECOM-ETT 7.5G, ConMed; ConMed, Utica, NY).</li><li>• Análisis del contorno de pulso (PiCCO2 computador PC 8500 versión 2,0 (Pulsion Medical Systems, Munich Alemania) calibrado mediante la termodilución transpulmonar.</li><li>• Termodilución transpulmonar.</li></ul>
<b>Población</b> <p><b>Criterios de inclusión:</b> Pacientes admitidos, entre julio y octubre 2010, en Unidad de Cuidados Intensivos de cirugía cardíaca convencional de bypass cardiopulmonar con requerimientos de monitorización hemodinámica.</p> <p><b>Criterios de exclusión:</b> Pacientes con cirugía de emergencia, pacientes sometidos a reintervención, cirugía de bypass coronario, procedimientos complejos inusuales o que no requerían monitorización hemodinámica avanzada y pacientes con alteraciones en el ritmo cardíaco y patrón respiratorio tras la cirugía.</p>
<b>Cálculo del tamaño muestral</b> Los autores remiten a la literatura y a un trabajo previo donde se fija en 25 el número de pacientes a evaluar.
<b>Enmascaramiento:</b> Sí
<b>Detalles de la medición de gasto cardíaco (CO: cardiac outcome) y/o índice cardíaco (CI: index cardiac)</b> Variable de resultado: Se obtuvieron mediciones del índice cardíaco (CI) mediante las tres técnicas (bioimpedancia, análisis del contorno de pulso y la termodilución transpulmonar) que se tomaron simultáneamente. A cada paciente se le registraron dos pares de medidas, antes y después de la administración del fluido con las diferentes técnicas. La técnica de termodilución fue considerada la técnica de referencia y se consideró una media de tres medidas consecutivas durante el ciclo respiratorio.
<b>Análisis</b> Medias, desviación típica (ds), significación $p < 0,05$ . Para la valoración de la normalidad se realizó el test de Kolmogorov-Smirnov. Para comparar las medias se utilizó Wilcoxon. Análisis de Bland- Altman para comparar la media de diferencias, precisión (ds) y límite de concordancia ( $\pm 1,96$ ds). Porcentaje de error fue determinado por criterios de Critchley and Critchley.

## Resultados

### N de pacientes (incluidos, evaluados y número de mediciones realizadas)

Se incluyeron a un total de 25 pacientes.

Características de pacientes la edad media de la muestra fue de 67 años (ds  $\pm 12$ ), estando formada la muestra por 21 hombres y 4 mujeres. El peso medio fue de 77 kg. (ds  $\pm 12$ ) y la altura media de 168 cm (ds  $\pm 10$ ). En cuanto al tipo de intervención, 9 pacientes fueron sometidos a bypass de arteria coronaria, 9 cirugía de sustitución valvular, 5 cirugía combinada y 2 reparación de la válvula mitral.

### Datos de las mediciones

Índice cardíaco obtenido por:	Media $\pm$ ds (Rango de medidas)
Termodilución	2,6 $\pm$ 0,6 (1,3 a 3,8 L/min/m <sup>2</sup> )
Análisis del contorno de pulso	2,6 $\pm$ 0,6 (1,3 a 3,9 L/min/m <sup>2</sup> )
Bioimpedancia ECOM	2,7 $\pm$ 0,5 (1,6 a 3,9 L/min/m <sup>2</sup> )

En cuanto a las medidas basales, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de índice cardíaco medios de las técnicas de monitorización ( $CI_{TD}$ ,  $CI_{PC}$  y  $CI_{ECOM}$ ). Se mostró una débil relación entre las mediciones de índice cardíaco tomadas por termodilución y bioimpedancia  $CI_{TD}$  y  $CI_{ECOM}$  ( $r=0,31$ ;  $p=0,026$ ). La diferencia entre el índice cardíaco tomada por termodilución y bioimpedancia ( $CI_{TD}$  y  $CI_{ECOM}$ ) fue de 0,08 (L/min/m<sup>2</sup>), con un intervalo de confianza al 95 %: -0,11 a 0,27, precisión 0,68 (L/min/m<sup>2</sup>) y límites de concordancia entre -1,26 y 1,42 (L/min/m<sup>2</sup>). Porcentaje de error entre termodilución y bioimpedancia fue de 51 %.

### Referencias a seguridad

La calidad de la señal ofrecida por la técnica de bioimpedancia fue excelente para todos los pacientes.

**Conflicto de intereses:** los autores recogen posibles conflictos de intereses.

## Conclusiones del equipo investigador

Son adecuadas las medidas continuas de índice cardíaco con Bioimpedancia ECOM, aunque no existió concordancia con las medidas obtenidas mediante termodilución transpulmonar.

## Información adicional

Los cambios en el índice cardíaco inducidos tras la administración de la fluidoterapia fueron del 26 % para las técnicas de termodilución y análisis del contorno de pulso ( $2,3 \pm 0,5$  a  $2,9 \pm 0,7$  y  $2,3 \pm 0,5$  a  $2,9 \pm 0,7$  L/min/m<sup>2</sup>;  $p<0,001$ ), siendo este cambio estadísticamente significativo. Por el contrario el cambio tras la administración de la fluidoterapia fue únicamente del 4 % ( $2,6 \pm 0,5$  a  $2,7 \pm 0,5$ ;  $p=0,032$ ). Tras la administración de la fluidoterapia se encontró una relación positiva no significativa entre el índice cardíaco tomado por la termodilución y la bioimpedancia ( $r=0,37$ ;  $p=0,060$ ).

## Referencia:

Franchi F, Falciani E, Donadello K, Zacà V, Silvestri R, Taccone FS, Cubattoli L, Mongelli P, Giomarelli P, Scolletta S. Echocardiography and pulse contour analysis to assess cardiac output in trauma patients. *Minerva Anestesiol.* 2013;79(2):137-46.

<b>Metodología</b>
<b>Tipo de estudio:</b> Concordancia
<b>Lugar de realización</b> Unidad de Cuidados Intensivos mixta.
<b>Técnicas de compasión y método de referencia</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ecocardiografía transtorácica (MyLab 70Xvision, Esaote, Italia) con canula transtorácica estándar (Phased Array Probe, PA 240, Esaote, Italy) (TTE-CO).</li><li>• Análisis del contorno de pulso con MostCare (Vygon, Padua, Italy) con una frecuencia de 1.000 Hz (MC-CO).</li></ul>
<b>Población</b> <p><b>Criterios de inclusión:</b> Paciente con traumatismo dentro de las primeras 24h de admisión en UCI, con necesidad de estabilización hemodinámica, con carga de volumen y/o con fármacos vasoactivos.</p> <p><b>Criterios de exclusión:</b> Pacientes menores de 18 años, presencia de arritmias cardíacas, regurgitación aórtica o estenosis y enfermedades de la aorta y aquellos con baja calidad de las imágenes de ecocardiografía.</p>
<b>Cálculo del tamaño muestral</b> El cálculo de tamaño muestral se estimó para asumir una media de diferencias entre las 2 técnicas de 0,5 L/min y una desviación estándar de 1 L/min; con una significación estadística del 5 % y una potencia del 90 %. Lo que supone incluir al menos a 44 pacientes.
<b>Enmascaramiento:</b> Sí
<b>Detalles de la medición de gasto cardíaco (CO) y/o índice cardíaco (CI)</b> Gasto cardíaco, todos los pacientes se encontraban sedados, intubados y bajo ventilación mecánica. Las mediciones se realizaban, tras la admisión y estabilización del paciente en UCI. Los valores de gasto cardíaco se obtuvieron simultáneamente, el valor de MostCare se calculó como la media de valores dentro de la ventana temporal que se requería para la obtención del valor de gasto cardíaco mediante la ecocardiografía transtorácica. Se tomaron medidas basales y tras la administración de fluidoterapia o vasopresores, con presión arterial media estable.
<b>Análisis</b> Medias, desviación típica (ds), significación $p < 0,05$ . Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson y el análisis de Bland-Altman para comparar la media de diferencias, precisión y límite de concordancia (2,2 ds). Porcentaje de error fue determinado por criterios de Critchley y Critchley.

## Resultados

### N de pacientes (incluidos, evaluados y número de mediciones realizadas)

Se incluyeron y evaluaron a un total 49 pacientes, obteniéndose un total de 116 pares de medidas.

**Características de pacientes:** La edad media de la muestra fue de 52 años (ds  $\pm$  23), oscilando entre 19 y 79 años. La muestra estaba compuesta por 30 hombres y 19 mujeres. El peso medio fue de 75 kg. (ds  $\pm$ 12), la altura media de 172 cm (ds  $\pm$ 13) y el índice de masa corporal medio fue 1,78 kg/m<sub>2</sub> (ds  $\pm$ 0,29). El valor medio de SAPS II fue de 32 (rango: 28 y 40).

**Datos de las mediciones:** El rango de valores del gasto cardíaco mediante ecocardiografía fueron 2,9 a 7,6 L/min, mientras que para la técnica MostCare fueron 2,8 a 8,2 L/min La media de las diferencias fue 0,06 L/min con un límite de concordancia entre -0,94 y 0,82 L/min, siendo el porcentaje de error de 17,7 %. Este estudio presenta un análisis desagregado según el tratamiento que recibió el paciente: (Grupo A) fluidoterapia; (Grupo B) fluidoterapia + norepinefrina y (Grupo C) norepinefrina. Así, en la tabla a continuación se muestran los valores basales para cada grupo, junto a la media de las diferencias, límite de concordancia y correlación

Grupo	Media de diferencias	Límite de concordancia	% error	Correlación
<b>Nivel basal</b>				
A + B (n=41)	-0,06 (IC95% -0,17 a -0,05) L/min	-0,74 a -0,62	14,1	0,94
C (n=8)	-0,06 (IC95% -0,32 a 0,20) L/min	-1,23 a -0,34	18,2	0,94
Total	-0,06 (IC95%-0,19 a 0,07) L/min	-0,19 a 0,82	17,7	0,94
<b>Valores según tratamiento recibido</b>				
A + B (n=41)	-0,01 (IC95% -0,12 a -0,10) L/min	0,50 a 0,88	13,2	0,87
B (n=18)	-0,14 (IC95% -0,36 a -0,08) L/min	-1,09 a -0,81	18,4	0,86
C (n=8)	-0,06 (IC95% -0,29 a 0,17) L/min	-0,72 a 0,60	15,4	0,91

### Referencias a seguridad

No referencias a temas de seguridad.

## Conclusiones del equipo investigador

Las mediciones de CO con MostCare realizadas mostraron un buen grado de concordancia con las obtenidas por ecocardiografía transtorácica. Análisis del contorno de pulso puede ser complementario a la ecocardiografía en la evaluación hemodinámica de pacientes con traumatismo.

## Información adicional

Se calculó las variaciones de gasto cardíaco ( $\Delta$ CO) valorados mediante las 2 técnicas de manera independiente. La comparación de ambos mostró una buena correlación de 0,91 (IC 95 % 0,87 a 0,95;  $p < 0,001$ ), siendo la media de las diferencias -0,01 L/min con un límite de concordancia -0,67 a 0,65 L/min Al eliminar 5 valores de  $\Delta$ CO, se observó un coeficiente de correlación del 97 %.

## Referencia

Gujjar AR, Muralidhar K, Banakal S, Gupta R, Sathyaprabha TN, Jairaj PS. Non-invasive cardiac output by transthoracic electrical bioimpedance in post-cardiac surgery patients: comparison with thermodilution method. J Clin Monit Comput. 2008;22(3):175-80.

<b>Metodología</b>
<b>Tipo de estudio:</b> Validez
<b>Lugar de realización</b> Unidad de cuidados intensivos de cardiología (India).
<b>Técnicas de comparación</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bioimpedancia eléctrica torácica con NICOMON (Larsen &amp; Toubro, Mysore Ltd. India).</li><li>• Termodilución mediante catéter de arteria pulmonar (Edwards, 16F), (Irvine, CA, USA).</li></ul>
<b>Población</b> <p><b>Criterios de inclusión:</b> Pacientes entre 18 y 80 años en postoperatorio de cirugía electiva cardíaca.</p> <p><b>Criterios de exclusión:</b> Pacientes con edema generalizado, pulmonar y pleural, insuficiencia cardíaca, arritmias, marcapasos, enfermedad valvular e inestabilidad hemodinámica y patologías que puedan interferir en la interpretación de la medición del gasto cardíaco.</p>
<b>Cálculo del tamaño muestral</b> <p>Asumiendo una diferencia de gasto cardíaco de 300 mL/min entre 2 métodos con una potencia del 80 %, se necesitarían 140 pares de medidas. Así, finalmente, con un nivel de confianza del 95 % para detectar una diferencia del 10 % entre los 2 métodos y una potencia del 90 % (con un error Beta o tipo II del 10 %) se incluyeron a un total de 197 pares de medidas.</p>
<b>Enmascaramiento:</b> No, señalada como una limitación del trabajo en la discusión.
<b>Detalles de la medición de gasto cardíaco (CO) y/o índice cardíaco (CI)</b> <p>VARIABLE RESULTADO: CO (gasto cardíaco) y CI (índice cardíaco). Las medidas fueron registradas por 2 investigadores independientes, en el primer o segundo día del postoperatorio. Todas las medidas de gasto cardíaco fueron obtenidas cuando el paciente estaba hemodinámicamente estable en un estado de descanso, con una frecuencia entre 2 y 5 minutos. En cuanto a las medidas de bioimpedancia, todas las medidas se tomaron tres veces para asegurar la consistencia, usándose el valor medio de estas tres medidas. Aquellas medidas que variaron un 10 % respecto la medida anterior fueron rechazadas. Las medidas obtenidas mediante gasto cardíaco se obtuvieron mediante el valor medio de las entre 3 y 8 ciclos cardíacos.</p>
<b>Análisis</b> <p>Medias, desviación típica (ds), significación <math>p &lt; 0,05</math>. Coeficiente de correlación de Pearson. Análisis de Bland-Altman para comparar la media de diferencias, precisión (<math>\pm 2</math> ds) y límite de concordancia. Porcentaje de error (ratio de precisión de la media de CO de 2 métodos) determinado por criterios de Critchley y Critchley.</p>

## Resultados

### N de pacientes (incluidos, evaluados y número de mediciones realizadas)

Los pacientes admitidos en la unidad de UCI cardíaca fueron 42, de los cuales 7 se excluyeron por presentar arritmias (n=4) y edema pulmonar o sistémico (n=3). Así, se evaluaron a un total de 35 pacientes y se realizaron 197 pares de medidas.

**Características de pacientes:** La edad media de los 35 pacientes fue de  $53 \pm 8,7$  años, de ellos 29 fueron hombres, el motivo de ingreso para 34 pacientes fue bypass coronario y para 1 cirugía de la válvula mitral. Tres pacientes tuvieron un solo par de medidas, mientras que el resto tuvo entre 14 y 3 pares.

La media del gasto cardíaco obtenido mediante bioimpedancia fue  $5,15 \pm 1,27$  L/ min y de  $5,22 \pm 1,28$  L/ min para la obtenida mediante termodilución. El coeficiente de correlación para estas medidas fue  $r=0,856$  ( $p<0,01$ ). La media de las diferencias del gasto cardíaco entre las técnicas fue  $0,0651$  L/ min, siendo en valores absolutos la bioimpedancia inferior en una media de  $65$  mL/min El límite de concordancia al 95 % se situó entre  $-1,44$  y  $1,3$  L/min La precisión fue  $\pm 1,37$  L/min, siendo el porcentaje de error de  $26,44$  %. No se encontraron diferencias en las mediciones de gasto cardíaco entre los pacientes según las siguientes variables ventilación del paciente, tratamiento con inotrópicos/vasopresores o balón aórtico. Por último, la correlación entre las 2 medidas de índice cardíaco fue alta ( $r=0,789$ ;  $p=0,01$ ).

**Referencias a seguridad:** No hay referencias.

**Conflicto de intereses:** No especificado.

## Conclusiones del equipo investigador

La comparación del gasto cardíaco realizada mediante bioimpedancia eléctrica torácica y el método de termodilución en pacientes de cirugía post-cardíaca fue favorable.

## Información adicional

## Referencia:

Gunst M, Ghaemmaghami V, Sperry J, Robinson M, O'Keeffe T, Friese R, et al. Accuracy of cardiac function and volume status estimates using the bedside echocardiographic assessment in trauma/critical care. J Trauma. 2008;65(3):509-16.

<b>Metodología</b>
<b>Tipo de estudio:</b> Validez
<b>Lugar de realización</b> Unidad de Cuidados Intensivos quirúrgicos de un hospital traumatológico de nivel I y centro terciario.
<b>Técnicas de comparación</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ecocardiografía Bedside Echocardiographic Assessment in Trauma/Critical Care, BEAT examination. Aparato de ultrasonidos portátil SonoSite tital con sonda ultrasónica portátil 5-2 MHz.</li><li>• Catéter de arterial pulmonar (Edwards Lifesciences CCOmbo Volumetric Pulmonary Artery Catheter Irvine, CA).</li></ul>
<b>Población</b> <p><b>Criterios de inclusión:</b> Pacientes que han sido monitorizados, mediante un catéter de arteria pulmonar, para guiar el tratamiento de shock. Se definió <i>shock</i>, como presión sanguínea sistólica por debajo de 90 mm Hg y/o con necesidad de fármacos inotrópicos.</p> <p><b>Criterios de exclusión:</b> Pacientes en los que no fue posible colocar el transductor en el torax y en los que no era viable la posición de decúbito lateral izquierdo para lograr una adecuada vista del ecocardiograma.</p>
<b>Cálculo del tamaño muestral</b> No se detalla, incluyeron a todos los pacientes en un periodo de 6 meses.
<b>Enmascaramiento:</b> Sí
<b>Detalles de la medición de gasto cardíaco (CO) y/o índice cardíaco (CI)</b> Variables resultado: Gasto cardíaco e índice cardíaco. Para ello, seis profesionales especialmente entrenados fueron los encargados de realizar las mediciones de manera independiente. Así, dentro de las 24 horas desde la inserción del catéter de arteria pulmonar, se llevo a cabo un examen con ecocardiografía BEAT. Con las imágenes obtenidas se valoraba si se podría realizar una evaluación hemodinámica. Se obtuvieron 85 pares de medidas, aunque no todas de buena calidad y utilizadas para el análisis. Para la obtención de datos con BEAT, el paciente se colocaba en posición de decúbito lateral izquierdo.
<b>Análisis</b> Medias, desviación típica (ds), se establecieron un nivel de significación $p < 0,05$ . Utilizando el coeficiente de correlación de Pearson. El índice cardíaco se clasificó en bajo ( $< 2,4$ L/min/m <sup>2</sup> ), normal (2,4 a 4,0 L/min/m <sup>2</sup> ) y alto ( $> 4,0$ L/min/m <sup>2</sup> ).

## Resultados

### N de pacientes (incluidos, evaluados y número de mediciones realizadas)

Se incluyeron a un total de 22 pacientes, obteniéndose 85 pares de medidas. El 56 % de las mediciones procedieron de pacientes traumatológicos y el 44 % restante de pacientes de cirugía general. De los 85 exámenes, 50 (59 %) fueron de buena calidad y utilizados para el cálculo de índice cardíaco.

### Características de pacientes

La edad media de la muestra fue de 60 años (ds  $\pm 17$ ), el 47 % de la muestra eran hombres y el índice de masa corporal medio fue de 26, oscilando entre 23 y 30 (kg/m<sup>2</sup>).

### Datos de las mediciones

El número medio de medidas por paciente fue de 3, oscilando entre 1 y 9 medidas. La mediana y rango intercuartílico fue de 3,5 (2,9- 4,5) L/min El coeficiente de correlación de las medidas entre el ecocardiograma y el catéter de arteria pulmonar fue de 0,70 ( $p < 0,001$ ). Esta correlación significativa ( $p = 0,021$ ) se mantuvo al categorizar la variable índice cardíaco en tres categorías (bajo, normal y alto).

**Referencias a seguridad:** No hay referencias.

**Conflicto de intereses:** No especificado.

## Conclusiones del equipo investigador

Los datos muestran correlación significativa entre las medidas de CI y el CVP obtenidas con ecocardiografía BEAT y con CAP. BEAT se muestra como método no invasivo para evaluar la función cardíaca y el estado hemodinámico del paciente. La ecocardiografía podría recomendarse en el aprendizaje de los profesionales involucrados en la atención del paciente crítico.

## Información adicional

Se encontró una buena correlación entre los valores obtenidos por ambas técnicas en la evaluación de precarga, encontrándose una buena correlación ( $p = 0,031$ ). Además, en este trabajo se realizaron análisis para determinar los factores asociados a la obtención de imágenes de mala calidad mediante la ecocardiografía, no encontrándose ninguna variable.

## Referencia

Horster S, Stemmler HJ, Strecker N, Bettner F, Hausmann A, Cnossen J, Parhofer KG, Nickel T, Geiger S. Cardiac output measurements in septic patients: comparing the Accuracy of USCOM to PiCCO. Crit Care Res Pract. 2012;2012:270631

<b>Metodología</b>
<b>Tipo de estudio:</b> cConcordancia.
<b>Lugar de realización</b> Unidad de Cuidados Intensivos (Alemania)
<b>Técnicas de comparación</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• USCOM (USCOM Ltd., Sydney, Australia). Transductor de 2.2 MHz. Curva de flujo recogida con Doppler.</li><li>• PiCCO plus system (Pulsion Medical Systems, Munich, Germany) (4-F cateter aortico con transmisor integrado).</li></ul>
<b>Población</b>
<b>Criterios de inclusión:</b> Pacientes que presentaban sepsis y en tratamiento con catecolaminas y ventilación mecánica.
<b>Criterios de exclusión:</b> nNo especificado.
<b>Cálculo del tamaño muestral</b> No se detalla.
<b>Enmascaramiento:</b> No, mediciones realizadas por el mismo investigador.
<b>Detalles de la medición de gasto cardíaco (CO) y/o índice cardíaco (CI)</b> Las mediciones de gasto cardíaco fueron realizadas de manera simultánea, en periodos de estabilidad hemodinámica. La técnica PiCCO fue recalibrada justo antes de la medición de gasto cardíaco mediante la técnica USCOM.
<b>Análisis</b> Medianas, desviación típica (SD), significación $p < 0,05$ . Coeficiente de correlación de Pearson. Análisis de Bland- Altman para comparar la media de diferencias, la precisión y límite de concordancia (IC 95 %) y el porcentaje de error ( $\pm 2$ ds de la media de CO). Análisis de Bland- Altman para comparar la media de diferencias, precisión ( $\pm 2$ ds de la media de las diferencias) y límite de concordancia.

## Resultados

### N de pacientes (incluidos, evaluados y número de mediciones realizadas)

Se incluyeron y evaluaron a un total de 70 pacientes, obteniéndose un total de 126 pares de medidas.

### Características de pacientes

La mediana de edad de la muestra fue de 45, oscilando entre 23 y 78 años. En la muestra se incluyeron un total de 45 hombres y 25 mujeres. La puntuación mediana del score SAPSII fue 43 (ds  $\pm$  7,14), oscilando entre 23 y 60. En cuanto a las patologías 38 pacientes presentaron enfermedades hematológicas, 16 hepáticas; 9 tumores y 7 otras.

**Datos de las mediciones:** El valor de la mediana de gasto cardíaco obtenido mediante la técnica USCOM fue de  $6,5 \pm 2,18$  L/min, y  $6,55 \pm 2,19$  L/min, fue la mediana de gasto cardíaco para la técnica PiCCO, obteniéndose un correlación entre lecturas  $p=0,89$  ( $p<0,01$ ). La media de las diferencias fue de  $-0,36 \pm 0,99$  L/min, estando el límite de concordancia entre -2,34 y 1,62 L/min El porcentaje de error fue del 29 %.

**Referencias a seguridad:** No se pudo obtener medida mediante la técnica USCOM en 2 pacientes debido a la variabilidad anatómica. La capacidad de detección de USCOM fue del 98,4 %.

Conflicto de intereses: No especificado.

## Conclusiones del equipo investigador

USCOM es un método factible y rápido para evaluar gasto cardíaco en pacientes con septicemia y además se muestra como una técnica fiable en comparación con la técnica de termodilución.

## Información adicional

Se ofrecen datos sobre el tiempo requerido en la realización de las mediciones. Así, la media en minutos para la realización de las pruebas fueron para la técnica PiCCO de 8,46 minutos (DS  $\pm$  2,15 min; rango: 4,0 y 20,0 min) y para USCOM de 3,69 minutos (DS  $\pm$  1,159 min; rango: 1,0 y 10,0 min).

## Referencia

Jain S, Allins A, Salim A, Vafa A, Wilson M, Margulies DR. Noninvasive Doppler ultrasonography for assessing cardiac function: can it replace the Swan-Ganz catheter? Am J Surg. 2008;196:961-8.

<b>Metodología</b>
<b>Tipo de estudio:</b> Validez.
<b>Lugar de realización</b> Unidad de Cuidados Intensivos de cirugía de 24 camas de un centro de cuidados terciarios/trauma de Nivel 1.
<b>Técnicas de comparación</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Doppler transtorácico (UTS) USCOM (Ltd., Sydney, Australia).</li><li>• Catéter de arterial pulmonar.</li></ul>
<b>Población</b> <b>Criterios de inclusión:</b> Adultos mayores de 18 años que requirieron con la utilización de un catéter de arteria pulmonar. <b>Criterios de exclusión:</b> No detallados.
<b>Cálculo del tamaño muestral</b> No se detalla.
<b>Enmascaramiento:</b> Estudio dividido en 2 fases: fase 1 no cegado, y fase 2 cegado. El estudio se dividió en 2 fases en la primera de ellas no existía enmascaramiento a los resultados, mientras que en la segunda sí.
<b>Detalles de la medición de gasto cardíaco (CO) y/o índice cardíaco (CI)</b> <b>Variable de resultado:</b> Índice cardíaco, fue recogido por dos investigadores en cada fase de manera independiente. La medición del índice cardíaco se realizó considerando la media de tres mediciones claras, consecutivas, durante los ciclos de salida de flujo sistólico.
<b>Análisis</b> Medianas, desviación típica (ds), significación $p < 0,05$ . Coeficiente de correlación de Pearson y coeficiente de determinación. Análisis de Bland-Altman para comparar la media de diferencias, precisión y límite de concordancia determinado por criterios de Critchley and Critchley.

## Resultados

### N de pacientes (incluidos, evaluados y número de mediciones realizadas)

Se incluyeron a un total de 31 pacientes. En la fase 1 (no cegada) se evaluaron a 17 pacientes (60 pares de medidas), mientras que en la fase 2 se analizaron las medidas tomadas en 14 pacientes (60 pares de medidas).

**Características de pacientes:** A continuación se muestran las principales características de los pacientes incluidos en fase 1 y 2.

	Fase 1	Fase 2
Media de Edad en años	60	62
Sexo (hombres / mujeres)	10/7	6/8
Apache ii score, media y rango	13,4 (rango 8-31)	14,7 (rango 9- 31)

## Datos de las mediciones

	Valor medio de CI		Media de las Diferencias	Coeficiente de correlación	% Límites de concordancia
	PAC	Doppler			
Fase 1	3,47 (ds $\pm$ 1,28) l/min/m <sup>2</sup>	3,46 (DS $\pm$ 1,27) l/min/m <sup>2</sup>	0,01 $\pm$ 0,28 L/min/m <sup>2</sup>	0,97 (R <sup>2</sup> = 0,95; p < 0,0001)	16,2 %
Fase 2	3,53 (Ds $\pm$ 1,06) l/min/m <sup>2</sup>	3,47 (DS $\pm$ 1,03) l/min/m <sup>2</sup>	0,06 $\pm$ 0,40 L/min/m <sup>2</sup>	0,93 (R <sup>2</sup> = 0,86; p < 0,0001)	22,8 %

### Referencias a seguridad

No referencias a temas de seguridad sobre Doppler. En discusión incluye referencias a la literatura sobre complicaciones asociadas a CAP.

### Conflicto de intereses

No específica.

## Conclusiones del equipo investigador

Correlación de las mediciones realizadas con Doppler transtorácico y CAP. Doppler como modalidad segura y precisa alternativa al CAP.

## Información adicional

## Referencia

Marqué S, Cariou A, Chiche JD, Squara P. Comparison between FloTrac-Vigileo and Bioreactance, a totally noninvasive method for cardiac output monitoring. Crit Care. 2009;13:R73.

<b>Metodología</b>
<b>Tipo de estudio:</b> Validez.
<b>Técnicas de comparación</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bioreactancia mediante técnica NICOM (No invasive CO Monitoring) (Cheetah Medical, Wilmington, DE, USA).</li><li>• Termodilución semicontinua mediante técnica Vigileo v.1.10 con catéter de arteria radial vía sensor de presión FloTrac (Edwards Life Science, Irvine, CA, USA).</li><li>• Catéter de arteria pulmonar (Edwards Life Science, Irvine, CA, USA).</li></ul>
<b>Población</b> <p><b>Criterios de inclusión:</b> Pacientes que han sido cometidos a cirugía cardíaca programa que requirieron la utilización de un catéter de arteria pulmonar.</p> <p><b>Criterios de exclusión:</b> No especificados</p>
Cálculo del tamaño muestral No se detalla.
Enmascaramiento: No se detalla
<b>Detalles de la medición de gasto cardíaco (CO) y/o índice cardíaca (CI)</b> <p>Las mediciones de gasto cardíaco se realizaron de manera simultánea. Cuando por razones técnicas evidentes, existían resultados anormales, éstos eran eliminados manualmente (para el catéter de arteria pulmonar se eliminó un paciente con insuficiencia severa del tricuspídea; para NICOM hubo periodos en los que estaba desconectado y para Vigileo cuando existía pérdida de la señal arteria radial). Además, se realizó un sub-análisis cuando existió un gasto cardíaco estable, que se consideró cuando existía una inclinación &gt;10 % (ds/media &lt;20 %), que representó el 34 % de los datos.</p>
<b>Análisis</b> <p>Medias, desviación típica (ds), significación <math>p &lt; 0,05</math>. La comparación de medias se realizó mediante la t-student y cuando no existía normalidad se realizó el test de Wilcoxon. Coeficiente de correlación de Pearson. Se utilizó el análisis de Bland-Altman para comparar el sesgo, precisión y límite de concordancia.</p>

## Resultados

### N de pacientes (incluidos, evaluados y número de mediciones realizadas)

Se incluyeron a un total de 29 pacientes (26 hombres y 3 mujeres).

### Características de pacientes

La edad media de la muestra fue 63,2 (ds±10,7) años, con una media del score SAPS de 36±10. En cuanto al motivo de ingreso, para 12 fue una sustitución valvular, 12 injerto coronario y 5 por diversas cirugías.

### Datos de las mediciones

Los valores medio de gasto cardíaco fueron para la termodilución 4,9 L/min (ds±1,8), Vigileo 5,0 L/min (ds±1,3) y NICOM 4,8 L/min (ds±1,1), presentando esta última diferencias estadísticamente significativas a las cifras obtenidas por las otras dos técnicas. La correlación de NICOM y Vigileo con la termodilución fue de 0,77 ( $p > 0,05$ ) y 0,69 ( $p < 0,05$ ), respectivamente.

	Todos los periodos	Periodo estable
<b>Diferencias medias en gasto cardíaco</b>		
NICOM-CAP	0,1 L/min (ds±1,5)	0,0 L/min (ds±1,0)
NICOM-Vigileo	-0,1 L/min (ds±1,8)	-0,1 L/min (ds±1,2)
Vigileo-CAP	-0,1 L/min (ds±1,2)	0,1 L/min (ds±0,9)
<b>Error relativo</b>		
NICOM	0,23% (ds±0,18)	0,17% (ds±0,12)
Vigileo	0,19% (ds±0,17)	0,16% (ds±0,12)

Al analizar los factores asociados a la media de las diferencias se encontró una asociación con la presión sistólica ( $r^2=0,19$ ;  $p < 0,0001$ ) para el Vigileo y para el NICOM la presión arterial sistólica pulmonar ( $r^2=0,009$ ;  $p < 0,04$ ) y los niveles de hemoglobina en sangre ( $r^2=0,04$ ;  $p < 0,001$ ).

**Referencia a seguridad:** No se detalla

**Conflicto de intereses:** Sí

## Conclusiones del equipo investigador

Las técnicas de monitorización NICOM y Vigileo muestran similares capacidades de monitorización en pacientes que han sido sometidos a cirugía cardíaca.

## Información adicional

En cuanto a la capacidad de respuesta de las técnicas de monitorización hemodinámica, durante los cambios hemodinámicos agudos ( $n=19$ ), la técnica Vigileo y NICOM fueron 7,2 y 6,9 minutos más rápidos que la termodilución ( $p < 0,05$ ). La sensibilidad y especificidad para detectar cambios significativos durante todo los periodos y durante los periodos estables fueron de 0,91 y 0,95, respectivamente para NICOM y 0,86 y 0,92 para Vigileo.

## Referencia

Mekis D, Kamenik M, Starc V, Jeretin S. Cardiac output measurements with electrical velocimetry in patients undergoing CABG surgery: a comparison with intermittent thermodilution. Eur J Anaesthesiol. 2008; 25(3):237-42.

<b>Metodología</b>
<b>Tipo de estudio:</b> Validez.
<b>Lugar de realización</b> Quirófano y Unidad de Cuidados Intensivos.
<b>Técnicas de comparación</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bioimpedancia eléctrica torácica / velocímetro eléctrico (EV) (Aesculon, Osypka Medical GmbH, Berlín, Alemania).</li><li>• Termodilución intermitente mediante catéter de arterial pulmonar (Marquete CO computer; Solar 8.000 m).</li></ul>
<b>Población</b> <b>Criterios de inclusión:</b> Pacientes sometidos a bypass coronario con cardiopatía isquémica y una fracción de eyección del ventrículo izquierdo inferior al 50 %. <b>Criterios de exclusión:</b> No se detallan.
<b>Cálculo del tamaño muestral</b> No se detalla.
<b>Enmascaramiento:</b> No se detalla.
<b>Detalles de la medición de gasto cardíaco (CO) y/o índice cardíaco (CI)</b> Variable de resultado: Se tomaron los valores de gasto cardíaco de manera continua mediante bioimpedancia, anteriores a la inducción de la anestesia. La medida basal de gasto cardíaco fue obtenida en posición horizontal, mientras que posteriormente se toman diferentes medidas en diferentes posturas del paciente. Posteriormente, cuando el paciente era ingresado en la unidad de cuidados intensivos, las mediciones fueron tomadas en posición horizontal, a la hora y a las 4 horas tras el ingreso en la UCI.
<b>Análisis</b> Medias, desviación típica (ds), significación $p < 0,05$ . Se realizó el coeficiente de correlación de Pearson y análisis de regresión lineal para determinar el grado de concordancia entre las medidas. Análisis de Bland-Altman para comparar la media de diferencias, precisión y límite de concordancia ( $\pm 2$ ds). La media de error entre medidas fue calculada como la ds de ambas diferencias de medidas dividido por la media del valor CO.

## Resultados

### N de pacientes (incluidos, evaluados y número de mediciones realizadas)

De 16 pacientes se obtuvieron de 150 pares de medidas, 29 de ellas en UCI. Un total 10 pares de medidas se perdieron por problemas en la detección de la señal de la impedancia.

**Características de pacientes:** La edad media de la muestra fue de 68,5 años (ds  $\pm$  7,6), siendo 14 hombres. El peso medio fue de 77,3 kg (ds  $\pm$  12,4) y la altura media de 169,4 cm (ds  $\pm$  10).

### Datos de las mediciones

Las medidas de gasto cardíaco oscilaron entre 2,1 y 7,5 L/min, para bioimpedancia mientras que para la termodilución varió entre 2,2 y 7,5 L/min. El valor medio de gasto cardíaco a la hora y cuatro horas del ingreso en UCI fueron de  $4,3 \pm 0,9$  y  $4,6 \pm 1,1$  L/min para la bioimpedancia, mientras que para la termodilución intermitente fueron  $4,0 \pm 0,9$  L/min y  $4,3 \pm 1,2$  L/min. A continuación, se muestran los valores de media de las diferencias, precisión, límite de concordancia, porcentaje de error y correlación (r) obtenidos a partir de las medidas tomadas en el total del estudio (150 pares de medidas) y las tomadas en la UCI (29 pares de medidas).

	Medidas	Media dif. (L/min)	Precisión (L/min)	Límite de concordancia (L/min)	% error	r
UCI	29	0,26	0,68	-1,1 a 1,62	32%	0,79
Total	150	-0,21	0,78	-1,77 a 1,35	40%	0,75

## Referencias a seguridad

Debido a problemas en la detección de la señal de la impedancia se perdieron 10 pares de medidas.

## Conclusiones del equipo investigador

En las conclusiones no se presentan desagregados los resultados de UCI y quirófano.

**Resultados para UCI:** porcentaje de error superior a 30 %.

## Información adicional

	COEV (L/min)	COITD (L/min)	TFC ( $K\Omega^{-1}$ )	Hb (g/L)
<b>Antes de la incisión</b>				
Posición Horizontal	$3,1 \pm 0,4$	$3,2 \pm 0,4$	$20,2 \pm 1,9$	$130 \pm 10,3$
20° head up position	$3,2 \pm 0,5$	$3,0 \pm 0,4$	$20,2 \pm 2,2$	
20° head down position	$3,6 \pm 0,7^*$	$3,6 \pm 0,7^*$	$20,7 \pm 2,3^*$	
Posición Horizontal	$3,1 \pm 0,5^*$	$3,1 \pm 0,6^*$	$20,6 \pm 2,3^*$	
<b>Después cerrar incisión</b>				
Posición Horizontal	$4,1 \pm 1,0$	$4,8 \pm 1,4$		
20° head up position	$4,2 \pm 1,0$	$4,5 \pm 1,1$		$97 \pm 13,2$
20° head down position	$4,1 \pm 1,0$	$4,8 \pm 1,4$		
Posición Horizontal	$4,1 \pm 1,1$	$4,5 \pm 1,1$		
<b>En UCI</b>				
1h después de la cirugía	$4,3 \pm 0,9$	$4,0 \pm 0,9$	$28,4 \pm 4,7$	$120 \pm 10,0$
4h después de la cirugía	$4,6 \pm 1,1$	$4,3 \pm 1,2$	$28,3 \pm 4,7$	

	N Medidas emparejadas	Media de diferencias (L/min)	Precisión (L/min)	95% límites de concordancia (L/min)	Media de error (%)	r
<b>Antes de la incisión</b>						
Total	57	-0,04	0,41	-0,86 a 0,78	25	0,70
Posición Horizontal	29	-0,04	0,35	-0,74 a 0,66	22	0,73
20º head up position	14	0,2	0,32	-0,44 a 0,84	21	0,78
20º head down position	14	-0,27	0,50	-1,27 a 2,7	29	0,68
<b>Después cerrar incisión</b>						
Total	64	-0,57	0,92	-2,41 a 1,27	41	0,67
Posición Horizontal	32	-0,58	0,94	-2,46 a 1,3	43	0,66
20º head up position	16	-0,37	9,79	- 1,95 a 1.21	36	6,71
20º head down position	16	-0,75	1,01	-2,77 a 1,27	45	0,70

## Referencia

Peyton PJ, Chong SW. Minimally invasive measurement of cardiac output during surgery and critical care. A meta-analysis of accuracy and precision. *Anesthesiology*. 2010;113:1220-35.

<b>Metodología</b>
<b>Diseño</b> Revisión sistemática de la literatura con metanálisis.
<b>Técnicas evaluadas</b> Análisis del contorno de pulso arterial, Doppler esofágico, reinhalación parcial de CO <sub>2</sub> , bioimpedancia eléctrica torácica.
<b>Tipo de estudios incluidos</b> <b>Criterios de inclusión:</b> Estudios realizados en humanos publicados en inglés en los últimos 10 años, que expresen sus resultados en términos de media de las diferencias y precisión estadística. Además, se incluyeron estudios que las mediciones las realizasen de manera simultánea comparado con la termodilución transpulmonar o bolo. <b>Criterios de exclusión:</b> Se excluyeron a aquellos estudios que comparasen la técnica PiCCO con el catéter de arteria pulmonar, ya que ésta requiere la calibración mediante CAP.

<b>Resultados</b>																									
<b>N de estudios incluidos</b> Como resultado de la búsqueda se incluyeron 92 estudios con 96 comparaciones que comparaban alguna de las 4 técnicas con la termodilución transpulmonar en bolo (expresando sus resultados en precisión y media de diferencia) Análisis del contorno de pulso arterial (n=55); Doppler esofágico (n=9); reinhalación parcial de CO <sub>2</sub> (n=15); bioimpedancia eléctrica torácica (n=17). Del total de artículos, se incluyeron 47 para el meta-análisis, que se distribuyeron de la siguiente manera: análisis del contorno de pulso arterial (n=24); Doppler esofágico (n=2); reinhalación parcial de CO <sub>2</sub> (n=8); bioimpedancia eléctrica torácica (n=13).																									
<b>Resultados del estudio</b> A continuación se muestran los resultados de la revisión, independientemente que las mediciones sean realizadas en quirófano o en la unidad de cuidados intensivos y de la situación clínica del paciente.																									
<table border="1"><thead><tr><th>Técnica</th><th>N</th><th>Media de diferencias (IC 95 %) L/min</th><th>Precisión L/min</th><th>% error</th></tr></thead><tbody><tr><td>A. contorno pulso arterial</td><td>714</td><td>-0,00 (±0,09)</td><td>1,22</td><td>41,3 (±2,7)</td></tr><tr><td>Doppler esofágico</td><td>57</td><td>-0,77 (±0,29)</td><td>1,07</td><td>42,1 (±9,9)</td></tr><tr><td>Reinhalación parcial CO<sub>2</sub></td><td>167</td><td>-0,05 (±0,17)</td><td>1,12</td><td>44,5 (±6,0)</td></tr><tr><td>Bioimpedancia</td><td>435</td><td>-0,10 (±0,11)</td><td>1,14</td><td>42,9 (±3,6)</td></tr></tbody></table>	Técnica	N	Media de diferencias (IC 95 %) L/min	Precisión L/min	% error	A. contorno pulso arterial	714	-0,00 (±0,09)	1,22	41,3 (±2,7)	Doppler esofágico	57	-0,77 (±0,29)	1,07	42,1 (±9,9)	Reinhalación parcial CO <sub>2</sub>	167	-0,05 (±0,17)	1,12	44,5 (±6,0)	Bioimpedancia	435	-0,10 (±0,11)	1,14	42,9 (±3,6)
Técnica	N	Media de diferencias (IC 95 %) L/min	Precisión L/min	% error																					
A. contorno pulso arterial	714	-0,00 (±0,09)	1,22	41,3 (±2,7)																					
Doppler esofágico	57	-0,77 (±0,29)	1,07	42,1 (±9,9)																					
Reinhalación parcial CO <sub>2</sub>	167	-0,05 (±0,17)	1,12	44,5 (±6,0)																					
Bioimpedancia	435	-0,10 (±0,11)	1,14	42,9 (±3,6)																					
<b>Referencia a seguridad</b> La proporción de mediciones fallidas en los estudios incluidos osciló entre 5 % y 24 %.																									

<b>Conclusiones del equipo investigador</b>
Ninguno de los cuatro estudios obtuvieron una concordancia con bolos termodilución con el límite esperado del 30 %. La relevancia de este límite arbitrario debería revisarse.

<b>Información adicional</b>
------------------------------

## Referencia

Raue W, Swierzy M, Koplín G, Schwenk W. Comparison of electrical velocimetry and transthoracic thermodilution technique for cardiac output assessment in critically ill patients. Eur J Anaesthesiol. 2009;26(12):1067-71.

<b>Metodología</b>
<b>Tipo de estudio:</b> Concordancia
<b>Lugar de realización</b> Unidad de Cuidados Intensivos del Departamento General, Visceral, Vascular y Cirugía Torácica, del Charité University Medicine Berlin Campus Mitte, (Berlín, Alemania).
<b>Técnicas de comparación</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bioimpedancia eléctrica torácica (TEB) / velocímetro eléctrico (Aesculon, Osypka Medical, Berlín, Alemania).</li><li>• Termodilución transtorácica (PiCCO, Pulsion Medical Systems AG, Munich, Alemania).</li></ul>
<b>Población</b> <b>Criterios de inclusión:</b> Pacientes diagnosticados de sepsis o SRIS (síndrome respuesta sistémica inflamatoria severa) que presentaron inestabilidad hemodinámica y con indicación de monitorización cardíaca. <b>Criterios de exclusión:</b> Pacientes a los que se les realizó una resección pulmonar mayor o bypass aórtico, y pacientes que presentaron fibrilación auricular.
<b>Cálculo del tamaño muestral</b> No se detalla. Pacientes reclutados durante 10 meses.
<b>Enmascaramiento:</b> No se detalla
<b>Detalles de la medición de gasto cardíaco (CO) y/o índice cardíaco (CI)</b> Variable de resultado: Las medidas de gasto cardíaco fueron obtenidas inmediatamente después de la inserción del catéter de arteria pulmonar. Tras el análisis de calibración de la onda de pulso, se obtuvieron 3 medidas secuenciales de termodilución, la media de estas medidas fue utilizada para compararlas con la medida obtenida por bioimpedancia.
<b>Análisis</b> Medias, desviación típica (ds), significación $p < 0,05$ . Análisis de Bland-Altman para comparar la media de diferencias, precisión y límite de concordancia ( $\pm 1,96$ ds), determinado por criterios de Critchley y Critchley.

## Resultados

### N de pacientes (incluidos, evaluados y número de mediciones realizadas)

Se incluyeron a un total de 30 pacientes con 30 pares de medidas.

**Características de pacientes:** La edad media de la muestra fue de 63 años (rango 23-93 años), siendo el 73 % hombres. El índice de masa corporal medio fue de 23 kg/m<sup>2</sup> (rango 16-35 kg/m<sup>2</sup>). El motivo más frecuente de ingreso en UCI fue la septicemia postperitonitis con 22 pacientes, seguido de la septicemia por afectación de tejidos blandos (n=2), síndrome de distrés respiratorio agudo (n=2) y SRIS con inestabilidad hemodinámica (n=4). El 96 % (n=29) de los pacientes requirió ventilación mecánica. La puntuación media del Apache II fue de 29, oscilando entre 7 y 30.

**Datos de las mediciones:** El sesgo en las mediciones en gasto cardíaco entre las técnicas termodilución y velocímetro eléctrico fue de 0,31 L/min, con una precisión del  $\pm 1,91$  L/min y unos límites de concordancia (LOA) -4,1 y 3,5 L/min. El porcentaje de error entre las técnicas fue del 54%.

**Referencias a seguridad:** No se registraron complicaciones

**Conflicto de intereses:** No especificado

## Conclusiones del equipo investigador

Pobre concordancia entre los valores estimados de gasto cardíaco por termodilución transtorácica y velocímetro eléctrico. Velocímetro eléctrico no puede reemplazar a monitorización invasiva en este ensayo.

## Información adicional

## Referencia

Raval NY, Squara P, Cleman M, Yalamanchili K, Winklmaier M, Burkhoff D. Multicenter evaluation of noninvasive cardiac output measurement by bioreactance technique. *J Clin Monit Comput.* 2008;22(2):113-9.

<b>Metodología</b>
<b>Tipo de estudio:</b> Validez.
<b>Lugar de realización</b> Este estudio se realizó en 5 centros de EE.UU y Francia: 2 laboratorios de cateterización cardíaca (Yale university y Klinikum Traunstein), 1 unidad de cuidados de cardiología (St Joseph's hospital) y 1 UCI médica (Northwest Texas Hospital) y 1 UCI de cirugía postcardíaca (Clinique Ambroise Pare).
<b>Técnicas de compasión y método de referencia</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Biorreactancia utilizando el sistema NICOM (Cheetah Medical Inc., Indianapolis, IN).</li><li>• Bioimpedancia (BioZ ICG Monitor algoritmo ZMarc®, Cardiodynamics, San Diego).</li><li>• Método Fick: estimadas a partir de la saturación de oxígeno, la presión parcial de oxígeno y la superficie corporal.</li><li>• La medida de los pacientes ingresados en UCI fue el gasto cardíaco continuo realizado mediante catéter de arterial pulmonar (<i>Edwards Life Sciences, Irvine, CA</i>).</li></ul>
<b>Población</b>
<b>Criterios de inclusión:</b> Pacientes con indicación clínica de monitorización hemodinámica con un catéter de arteria pulmonar, evaluando el gasto cardíaco mediante termodilución.
<b>Criterios de exclusión:</b> No detallados.
<b>Cálculo del tamaño muestral</b> No se detalla.
<b>Enmascaramiento:</b> No se detalla.
<b>Detalles de la medición de gasto cardíaco (CO) y/o índice cardíaco (CI)</b> Los valores de gasto cardíaco fueron obtenidos mediante las técnicas de bioimpedancia y termodilución. En los 2 laboratorios las mediciones de gasto cardíaco se realizaron en corto plazo, mediante termodilución continua o por bolo, en este último se utilizó la media de 3 medidas obtenidas. En los otros 3 centros (2 UCI + 1 unidad de cardiología) las mediciones de gasto cardíaco se tomaron a largo plazo y los datos con ambas técnicas fueron registradas automáticamente con una frecuencia de 1 minuto, mediante un monitor. Por último, en uno de los centros se tomaron medidas mediante el método Fick (laboratorio Traunstein) y la técnica de bioimpedancia en la unidad de cuidados cardíacos.
<b>Análisis</b> Medias, desviación típica (SD), significación $p < 0,05$ . Se utilizó la regresión lineal y el análisis de Bland-Altman para la comparación de medias, precisión y límite de concordancia.

## Resultados

### N de pacientes (incluidos, evaluados y número de mediciones realizadas)

Se incluyeron 111 pacientes que se distribuyeron de la siguiente manera: laboratorios de cateterización cardíaca de los hospitales de Yale n=16 y Traunstein n=25, unidad de cuidados cardíacos del hospital de St. Joseph n=20, la unidad de cuidados intensivos quirúrgicos del hospital de Ambroise Pare n=35 y la unidad de cuidados intensivos médicos del hospital de Amarillo n=15.

**Características de pacientes:** El número de hombres incluidos en el estudio fue de 74 (66 %) y de mujeres 37 (33 %).

### UCI quirúrgica

En cuanto a los resultados de las 3 unidades (2 UCI + 1 unidad de cardiología), se encontró una alta correlación entre los valores obtenidos mediante termodilución y la técnica NICOM ( $r=0,78$ ;  $p<0,0001$ ), no diferenciándose estadísticamente de la "línea de identidad" ( $p=0,55$ ). La media de las diferencias entre las técnicas fue de  $-0,09$  L/min, encontrándose un coeficiente de variación muy constante entre los tres centros, siendo significativamente menor para las mediciones obtenidas mediante NICOM ( $p<0,001$ ).

**Referencias a seguridad:** No hay referencias.

**Conflicto de intereses:** No específica.

### Conclusiones del equipo investigador

Comparando la precisión de las técnicas de mediante la termodilución y la técnica NICOM, ésta última presenta una adecuada precisión.

## Información adicional

Al subconjunto de 7 pacientes pertenecientes a la unidad de cuidados de cardíacos, además se realizó la medición del gasto cardíaco mediante bioimpedancia, durante una media de 200 minutos. La bioimpedancia infraestimó los valores para largos periodos de tiempo y tendió a mostrar un alto grado de variabilidad. El gasto cardíaco promedio de estos 7 pacientes fue  $5,4 \pm 2,1$  L/min para termodilución y  $5,4 \pm 1,4$  L/min mediante NICOM ( $p=0,78$  vs CCO) y  $2,7 \pm 0,80$  L/min para bioimpedancia ( $p=0,01$  vs CCO).

En cuanto a las mediciones realizadas en los dos laboratorios, se presentaron una correlación similar. Así, la media de las diferencias fue de  $-0,18$  L/min, siendo el coeficiente de correlación  $r=0,71$  ( $p<0,001$ ). Por otro lado, los 20 pacientes evaluados mediante la técnica basada en el principio de Fick comparada con la termodilución en bolo se obtuvo una buena correlación  $r=0,67$  ( $p=0,001$ ), siendo la media de las diferencias de  $-0,87$  L/min.

## Referencia

Sharma V, Singh A, Bhuvnesh K, Karlekar A. Comparison of transthoracic electrical bioimpedance cardiac output measurement with thermodilution method in post coronary artery bypass graft patients. Ann Card Anaesth. 2011;14:104-10

<b>Metodología</b>
<b>Tipo de estudio:</b> Validez
<b>Lugar de realización</b> Quirófano y Unidad de Cuidados Intensivos (Nueva Delhi, India), entre julio 2008 y marzo 2009.
<b>Técnicas de comparación</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bioimpedancia eléctrica transthorácica con NICOMON (Larsen and Toubro Ltd., Mysore, India) (48-kHz, 2-4mA).</li><li>• Termodilución mediante catéter de arterial pulmonar (Biosensors International Pte Ltd., Kallang Avenue, Singapore) (TD).</li></ul>
<b>Población</b>
<b>Criterios de inclusión:</b> Pacientes ingresados en UCI de cirugía cardíaca tras someterse a cirugía de bypass coronario.
<b>Criterios de exclusión:</b> Pacientes sometidos a cirugía cardíaca de emergencia, con edema generalizado o localizado a nivel pulmonar o pleural, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, obesidad (índice de masa corporal >30), fallo cardíaco congestivo, arritmia, regurgitación tricúspide, shunt intracardíaco, inestabilidad hemodinámica (ritmo cardíaco superior a 120 latidos/min, presión sistólica <90 mmHg y/o presión arterial <60mmHg, diuresis <0,5 mL/kg/hora) y presencia de balón intraaórtico.
<b>Cálculo del tamaño muestral</b> Por otros estudios, se estima que para asumir una diferencia de gasto cardíaco de 300 mL/min entre 2 métodos con una potencia del 80 %, se necesitan 140 pares de medidas para realizar la comparación.
<b>Enmascaramiento:</b> Sí
<b>Detalles de la medición de gasto cardíaco (CO) y/o índice cardíaco (CI)</b> Se tomaron los valores de gasto cardíaco durante el periodo postoperatorio, tras su estabilización, con una temperatura del paciente de 36°C. El paciente presentaba posición supina, estado de reposo y con una inclinación de la cama de 20°. Se tomaron 5 lecturas cada 15 minutos, mientras el paciente necesitaba ventilación asistida, e igualmente otras 5 medidas después de 2 horas de la extubación del paciente, ya con ventilación espontánea. Las medidas tomadas mediante bioimpedancia que presentaban distorsiones o artefactos fueron eliminadas del estudio. En cuanto a los valores de termodilución se consideró la media de tres medidas tomadas durante la fase espiratoria del ciclo respiratorio.
<b>Análisis</b> Medias, desviación típica (ds), significación $p < 0,05$ . Se utilizó el coeficiente de correlación y análisis de Bland-Altman para comparar la media de diferencias, precisión ( $\pm 2$ ds) y límite de concordancia. Porcentaje de error (ratio de precisión de la media de CO de 2 métodos) determinada por criterios de Critchley y Critchley.

## Resultados

### N de pacientes (incluidos, evaluados y número de mediciones realizadas)

Se incluyeron y evaluaron a 46 pacientes, obteniéndose 230 pares de medidas.

**Características de pacientes:** la edad media de la muestra fue de 58 años ( $ds \pm 9,4$ ), siendo 40 hombres y 18 mujeres. El índice de masa corporal se situó entre 20 y 24,9 kg/m<sup>2</sup> para 31 de los pacientes incluidos en el estudio, mientras que para los otros 15 osciló entre 25 y 29,9 kg/m<sup>2</sup>. 31 pacientes recibieron terapia inotrópica.

**Datos de las mediciones:** durante la ventilación mecánica, las medidas de gasto cardíaco para la media mediante la técnica de bioimpedancia fue de  $4,43 \pm 0,94$  L/min, oscilando entre 1,70 y 6,90 L/min, mientras que la media de termodilución fue  $4,45 \pm 0,85$  L/min, varió entre 2,29 y 6,74. Así, la media de diferencias fue de 0,015 L/min y la precisión 0,859 L/min, con un límite de concordancia 0,096 a 0,126 L/min.

Durante la respiración espontánea, los valores de gasto cardíaco obtenidos por termodilución oscilaron entre 2,66 y 6,92 L/min, con un valor medio de  $4,66 \pm 0,76$  L/min; los valores por bioimpedancia oscilaron entre 3,08 y 6,90 L/min, con un valor medio de  $4,72 \pm 0,82$  L/min. La media de las diferencias -0,059 L/min, precisión 0,818 L/min, con un límite de concordancia 0,166 a 0,046 L/min. El porcentaje de error entre las técnicas fue del 19,3 % (ventilación mecánica) y 17,3 % (pacientes extubados). El 5,21 % ( $n=12$ ) y el 6,95 % ( $n=16$ ) de los valores se situaron fuera de los límites de concordancia, durante la ventilación mecánica y la respiración espontánea, respectivamente.

**Referencias a seguridad:** No se observaron eventos adversos relacionados con la tecnología de bioimpedancia para la medición del gasto cardíaco.

Conflicto de intereses: no especificado.

## Conclusiones del equipo investigador

Se obtiene una buena correlación en la medición de gasto cardíaco con termodilución y con bioimpedancia en pacientes tras cirugía de bypass coronario durante la ventilación. Sin embargo, la correlación fue débil en pacientes con respiración espontánea.

## Información adicional

## Referencia

Thom O, Taylor DM, Wolfe RE, Cade J, Myles P, Krum H, et al. Comparison of a supra-sternal cardiac output monitor (USCOM) with the pulmonary artery catheter. Br J Anaesth. 2009;103:800-4.

<b>Metodología</b>
<b>Tipo de estudio:</b> Validez.
<b>Lugar de realización</b> Unidad de Cuidados Intensivos de hospital universitario de tercer nivel, entre junio 2006 y julio 2007.
<b>Técnicas de comparación y método de referencia</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Catéter de arteria pulmonar: Edwards 834HF75 bolus termodilución (CCO PAC, 7.5 F, with the Vigilance continuous CO monitor; Edwards Lifesciences, LLC, Irvine, CA, USA).</li><li>• - USCOM supraesternal (Coffs Harbour, Australia).</li></ul>
<b>Población</b> <b>Criterios de inclusión:</b> Pacientes mayores de 18 años que por diferentes situaciones clínicas presentaban un catéter de arteria pulmonar. <b>Criterios de exclusión:</b> Pacientes con 2 intentos fallidos de medición del gasto cardíaco mediante la técnica doppler.
<b>Cálculo del tamaño muestral</b> El tamaño de la muestra (250) se calculó para un rango de equivalencia en $\pm 0,5$ L/min y un límite de concordancia de 1,55 L/min, obtenido a partir de estudios anteriores. El cálculo asume una significación bilateral de 0,05 y una potencia de 0,9.
<b>Enmascaramiento:</b> Sí
<b>Detalles de la medición de gasto cardíaco (CO) y/o índice cardíaco (CI)</b> Variable resultado: gasto cardíaco, las mediciones mediante el catéter de arteria pulmonar y doppler fueron tomadas simultáneamente. En cuanto a las medidas con doppler, para los pacientes que presentaron ritmo sinusal se tomaron 3 medidas a nivel supraesternal, mientras que para los pacientes con fibrilación auricular se tomaron 7 medidas. Se utilizaron la media de estas medidas. Para CAP se utilizó la media de 3 curvas termodilución de forma aceptable y con los valores dentro del 10 % de cada una.
<b>Análisis</b> Medias, desviación típica (ds), significación $p < 0,05$ . Se calculó la media de diferencias, precisión y límite de concordancia ( $ds \pm 1,96$ ). Se realizó la prueba t para determinar la diferencia media entre las técnicas.

## Resultados

### N de pacientes (incluidos, evaluados y número de mediciones realizadas)

Se incluyeron a 94 pacientes, de los que no se obtuvo señal con el monitor USCOM en 14 ocasiones, 5 pacientes fueron excluidos por imposibilidad de realizar la lectura con doppler. Obteniéndose finalmente 250 pares de medidas de 89 pacientes.

### Características de pacientes

La edad media de la muestra fue de 67 años, oscilando entre 21 y 82 años, el 73 % de la muestra eran hombres. La puntuación media del score Apache fue 15, oscilando entre 5 y 23.

El número medio de medidas por paciente fue de 3, oscilando entre 1 y 9 medidas. En cuanto a los diagnósticos de los pacientes el 71 % presentó un bypass coronario, el 12 % una sustitución de válvula cardíaca, 9 % bypass coronario y sustitución de la válvula cardíaca

### Datos de las mediciones

El valor medio de gasto cardíaco obtenido de las 250 medidas mediante USCOM fue de  $5,5 \pm 1,4$  L/min, siendo de  $5,6 \pm 1,4$  L/min las obtenidas por el catéter de arterial pulmonar. En cuanto a la media de diferencias de gasto cardíaco entre las dos técnicas fue de  $-0,09$  L/min, estando el límite de concordancia  $\pm 2,92$ , siendo la correlación intraclases de 0,46 (IC 95 % 0,36-0,56).

Entre los pacientes con fibrilación auricular ( $n=5$ ), no se encontró variabilidad entre las medidas tomadas con ambas técnicas. De la misma manera, la calidad de la imagen obtenida entre los pacientes ( $n=50$ ) sometidos a cirugía sustitución de la válvula mitral o aórtica fue la misma que la obtenida para el resto de pacientes ( $5,1$  vs.  $5,24$ ;  $p=0,78$ )

Al analizar los cambios de gasto cardíaco se observó que en el 50 % de los casos el gasto cardíaco medido con el catéter de arterial pulmonar varió en la misma dirección y magnitud dentro del  $\pm 15$  % que el gasto cardíaco medido por la técnica doppler. En total, 62 % de los cambios medidos fueron en la misma dirección y el 65 % de los cambios estuvieron  $\pm 15$  % de aquellos medidos mediante USCOM que los medidos por el catéter de arterial pulmonar. Cabe destacar que en 13 comparaciones realizadas en 9 pacientes, se encontró una media de las diferencias de gasto cardíaco superior a 3 L/min, estos pacientes se caracterizaron por presentar un índice de masa corporal  $1,99$  m<sup>2</sup>, edad media de 62 años y una puntuación de 11 en el score Apache.

**Referencias a seguridad:** No se pudo realizar la monitorización mediante USCOM en 14 pacientes, porque no se obtuvo señal, 5 pacientes fueron excluidos por no poder realizarse la lectura mediante doppler.

**Conflicto de intereses:** No especificado.

## Conclusiones del equipo investigador

Hay un pobre grado de concordancia entre las mediciones de CO realizadas con monitor supraesternal doppler y CAP.

## Información adicional

## Referencia

Udy AA, Altukroni M, Jarrett P, Roberts JA, Lipman J. A comparison of pulse contour wave analysis and ultrasonic cardiac output monitoring in the critically ill. *Anaesth Intensive Care*. 2012;40(4):631-7.

<b>Metodología</b>
<b>Tipo de estudio:</b> Concordancia.
<b>Lugar de realización</b> Unidad de Cuidados Intensivos con 30 camas de un hospital terciario.
<b>Técnicas de comparación</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• FloTrac/Vigileo™ v1.10, usando un catéter intra-arterial (Edwards Life sciences, Irvine, CA, USA).</li><li>• Doppler transtorácico CO monitor (USCOM Ltd, Sydney, NSW).</li></ul>
<b>Población</b>
<b>Criterios de inclusión:</b> Pacientes críticos sépticos y traumatológicos.
<b>Criterios de exclusión:</b> Población pediátrica y pacientes en postoperatorio cardiorácico o trasplantados.
<b>Cálculo del tamaño muestral</b> No se detalla. Se trata de un análisis secundario sobre el tratamiento con antimicrobianos, remite a la publicación del protocolo del estudio global.
<b>Enmascaramiento:</b> Especifica que los resultados de la prueba USCOM fueron interpretados con un profesional cegado a los resultados del Vigileo.
<b>Detalles de la medición de gasto cardíaco (CO) y/o índice cardíaco (CI)</b> Las medidas de gasto cardíaco se obtuvieron en todos los pacientes, en el momento de la administración de antimicrobianos y, en aquellos casos que fue posible (N=54), nuevamente a las 3 horas de la administración de dicha dosis.
<b>Análisis</b> Medias, desviación típica (ds), significación $p < 0,05$ . La media de diferencias se evaluó mediante el test t-Student, además se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. Análisis de Bland-Altman para comparar la media de diferencias, precisión y límite de concordancia ( $ds \pm 1,96$ ) y porcentaje de error determinado por criterios de Critchley y Critchley.

## Resultados

### N de pacientes (incluidos, evaluados y número de mediciones realizadas)

Se incluyeron y evaluaron a un total de 62 pacientes, siendo el diagnóstico traumatológico (n=25, 40,3 %) y séptico (n=37, 29,6 %).

### Características de pacientes

En cuanto a la muestra estudiada, la edad media fue de 43,6 años (ds  $\pm$ 17,8), estando el 95,2 % en ventilación mecánica. El 64,5% eran mujeres, el peso medio fue de 80 kg. (rango intercuartílico: 74,5-91,25), la altura media de 171,4 cm (ds  $\pm$  10,5). La puntuación media del score Apache fue de 28 (rango intercuartílico14-25), oscilando entre 21 y 34.

### Datos de las mediciones

El valor medio de gasto cardíaco con Vigileo y USCOM fue  $8,20 \pm 2,65$  L/min y  $6,84 \pm 2,57$  ( $p < 0,001$ ), respectivamente. Se encontró una correlación entre las medidas tomadas por ambas técnicas ( $r=0,537$ ;  $p < 0,001$ ). La media de las diferencias y precisión fueron  $1,36 \pm 2,51$  L/min, siendo el límite de concordancia de -3,6 a +6,3 L/min entre las dos pruebas. El porcentaje de error fue del 65 %. En este artículo se hace un análisis segmentado entre los pacientes con sepsis y aquellos con traumatismo.

Entre los pacientes con sepsis, se obtuvo una buena correlación ( $r=0,639$ ;  $p < 0,001$ ). De la misma manera, la media de las diferencias y precisión fueron  $1,25 \pm 2,17$  L/min, siendo el límite de concordancia de 3,0 a 5,5 L/min El porcentaje de error fue del 59%. Por último, en los pacientes con trauma, se obtuvo una pobre correlación ( $r=0,373$ ;  $p=0,066$ ), siendo la media de las diferencias y precisión de  $1,53 \pm 2,98$  L/min, siendo el límite de concordancia de 4,3 a 7,4 L/min El porcentaje de error fue del 73 %.

	Gasto cardíaco (media, ds)		Correlación (p)	Media de diferencias y precisión	Límites de concordancia	% error
	Vigileo	USCOM				
<b>Total</b>	$8,20 \pm 2,65$	$6,84 \pm 2,57$	$r=0,537$ ( $p < 0,001$ )			65 %
<b>Sepsis</b>			$r=0,639$ ( $p < 0,001$ )	$1,25 \pm 2,17$ L/min	de 3.0 a +5.5l	59 %
<b>Trauma</b>			$r=0,373$ ( $p=0,066$ )	$1,53 \pm 2,98$ L/min	de -4.3 a +7.4	73 %

No se encontraron diferencias significativas entre los grupos diagnósticos ( $p=0,667$ ), entre que se les administró medicamentos vasopresores ( $p=0,230$ ). Se encontró un valor bajo para la media de diferencias comparando mujeres y hombres ( $0,39$  ( $2,79$ ) vs.  $1,90$  ( $2,26$ ) L/min;  $p=0,023$ ). Posiblemente porque el subgrupo de mujeres pacientes de traumatología estuvo subrepresentado ( $n= 4/25$ ). No se encontraron diferencias entre las medias según edad ( $p=0,636$ ) y fluidoterapia administrada. Por último, se encontró una correlación positiva entre área superficie corporal ( $r=0,253$ ,  $p= 0,047$ ) y correlación negativa con ritmo cardíaco ( $r=-0,286$ ,  $p=0,024$ ).

**Referencias a seguridad:** No se hace referencias a temas de seguridad.

**Conflicto de intereses:** No especificado.

## Conclusiones del equipo investigador

Análisis demuestra pobre grado de concordancia que hacen no intercambiables las técnicas para medición de CO.

## Información adicional

## Referencia

van Lelyveld-Haas LE, van Zanten AR, Borm GF, Tjan DH. Clinical validation of the non-invasive cardiac output monitor USCOM-1A in critically ill patients. Eur J Anaesthesiol. 2008;25(11):917-24.

<b>Metodología</b>
<b>Tipo de estudio:</b> Validez
Lugar de realización Unidad de Cuidos Intensivos del Hospital Vallei (Holanda), entre septiembre 2005 a enero 2006.
<b>Técnicas de comparación</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Catéter de arteria pulmonar (CCO PAC, 7.5 F, with the Vigilance continuous CO monitor; Edwards Lifesciences, LLC, Irvine, CA, USA).</li><li>• USCOM-1A supraesternal (Pty Ltd, Coffs Harbour, NSW, Australia) con transductor (3.3 MHz).</li></ul>
<b>Población</b> <p><b>Criterios de inclusión:</b> Pacientes adultos sedados y con ventilación mecánica que presentaron inestabilidad hemodinámica y requerían la colocación de un catéter de arteria pulmonar. La inestabilidad hemodinámica se definió como necesidad de fármacos vasopresores inotrópicos para mantener una presión arterial sanguínea &gt;65 mmHg.</p> <p><b>Criterios de exclusión:</b> No son descritos</p>
<b>Cálculo del tamaño muestral</b> No se detalla.
<b>Enmascaramiento:</b> Sí
<b>Detalles de la medición de gasto cardíaco (CO) y/o índice cardíaco (CI)</b> Para ambas técnicas las mediciones de gasto cardíaco e índice cardíaco se realizaron simultáneamente. Las mediciones mediante USCOM se consideraron el promedio de medidas y ese valor es el que se compara con el catéter de arteria pulmonar. Clasificaron a los pacientes en 3 categorías según resultados del índice cardíaco (CI): a) CI < 2,5 L/min/m <sup>2</sup> (bajo CO bajo estados de Shock Cardiogénico) b) CI = 2,5-4,0 L/min/m <sup>2</sup> (rango normal o shock mixto) c) CI >4,0 L/min/m <sup>2</sup> (shock séptico).
<b>Análisis</b> Medias, desviación típica (ds), significación p < 0,05. Análisis de Bland-Altman para comparar la media de diferencias, precisión y límite de concordancia. Además, para la estimación de varios límites de concordancia se utilizó un modelo lineal mixto, teniendo en cuenta las diferencias entre medidas como variable dependiente, la diferencia entre gasto cardíaco entre las técnicas como variables fijas y con efecto aleatorio para las variables de paciente y operador. Se realizó un análisis adicional para determinar las diferencias por género, edad, temperatura e índice de masa corporal.

## Resultados

### N de pacientes (incluidos, evaluados y número de mediciones realizadas)

De los 25 pacientes incluidos sedados y con ventilación mecánica, se excluye a 1 paciente por señal insatisfactoria. Se obtuvieron un total de 1315 mediciones con USCOM, de las cuales se utilizaron para los análisis de diferencias, precisión y correlación 263 pares de medidas.

### Características de pacientes

La edad media de la muestra fue de 70,8 años (ds  $\pm$ 12), el 76 % de la muestra eran hombres. El peso medio de la muestra fue 81,6 kg (ds  $\pm$ 11,5) y la altura media de 175,6 cm (ds  $\pm$  9,3) y el índice de masa corporal medio fue de 26,5 (ds  $\pm$  3,4) kg./m<sup>2</sup>. La puntuación media del Apache fue de 20,5 (ds  $\pm$ 6).

**Datos de las mediciones:** Las mediciones del gasto cardíaco oscilaron entre 1,1 – 11 L/min, siendo la media de 6,06 L/min y la mediana de 5,8 L/min En cuanto al índice cardíaco la media y mediana fueron de 2,7 L/min m<sup>2</sup>, oscilando los valores entre 0,6-4,8 L/min m<sup>2</sup>.

Los valores de gasto cardíaco mediante USCOM se estabilizaron un 9% (IC 95 %: 7-11 %) por debajo del valor de gasto cardíaco obtenido por el catéter de arteria pulmonar. Igualmente, Los límites de concordancia se establecieron entre +24 % (IC 95 %: 7-11 %) y -43 % (IC95 %: -39; -47 %). Estas diferencias se ajustaron por sexo, IMC, edad y temperatura. El coeficiente de correlación entre el entre USCOM y catéter de arteria pulmonar fue r=0,80.

**Referencias a seguridad:** Durante el estudio no ocurrió ningún evento adverso por el uso de la técnica USCOM, mientras que con el CAP se produjeron arritmias durante la inserción del catéter en 6 pacientes. Se excluyó a 1 paciente por señal insatisfactoria, según los autores posiblemente relacionada con la presencia de una traqueotomía.

**Conflicto de intereses:** No especificado.

## Conclusiones del equipo investigador

La correlación entre las dos técnicas es aceptable aunque se detectaron errores de medida. USCOM-1A proporciona datos suficientes para distinguir de forma no invasiva diferentes tipos de shock en pacientes de UCI.

## Información adicional

Ritmo cardíaco: media 102 latidos/min (rango: 63 – 148 latidos/min, mediana 110 latidos/min). Presión sanguínea: media 62 mmHg (rango: 42 – 82 mmHg, mediana 66 mmHg). Presión de la aurícula derecha: media 6 mmHg, (rango: 0 – 14mmHg, mediana 7mmHg). Comparación de sospecha estado de shock y diagnostico final usando CAP y USCOM.

	CAP	USCOM
Shock CI > 4,0 L/min <sup>-1</sup> m <sup>2</sup>	Confirmados n=11 Shock cardiogénico n=3	Confirmados n=9 Rango normal n=2 Shock cardiogénico n=3
Shock cardiogénico CI < 2,5 L/min <sup>-1</sup> m <sup>2</sup>	Confirmados n=8 Shock n=2 Rango normal n=1	Confirmados n=9 Shock n=1 Rango normal n=1
Rango normal CI = entre 2,5 y 4,0 L/min m <sup>2</sup> .		

No se localizaron diferencias significativas en las lecturas de USCOM entre el personal de enfermería y medicina.

## Referencia

Yamada T, Tsutsui M, Sugo Y, Sato T, Akazawa T, Sato N, et al. Multicenter study verifying a method of noninvasive continuous cardiac output measurement using pulse wave transit time: a comparison with intermittent bolus thermodilution cardiac output. *Anesth Analg.* 2012;115(1):82-7.

<b>Metodología</b>
<b>Tipo de estudio:</b> Validez.
<b>Lugar de realización:</b> Servicios de UCI y quirófanos de 7 hospitales universitarios japoneses, entre noviembre del 2007 y marzo del 2009.
<b>Técnicas de comparación y método de referencia</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• esCCO (Edwards Vigilance II Monitor o Edwards CEDV Monitor) (Edwards Lifesciences, Irvine, CA).</li><li>• Termodilución, TDCO, CCO/CEDV con catéter (REF774HF95; Edwards Lifesciences).</li></ul>
<b>Población</b> <p><b>Criterios de inclusión:</b> Pacientes mayores de 20 años admitidos en UCI o candidatos a intervención quirúrgica y que necesitaran mediciones de CO con inserción de CAP.</p> <p><b>Criterios de exclusión:</b> Pacientes con arritmias, en tratamiento con bomba intraaórtica o con dispositivos que podrían afectar a la onda de pulso (como los dispositivos de soporte circulatorio), y aquellos sometidos a estimulación. Igualmente, se excluyeron a aquellos pacientes a los que no fue posible realizar la medición de CO por termodilución.</p>
<b>Cálculo del tamaño muestral</b> Basado en estudios previos y datos preliminares de estudio de un solo centro, se calculó el tamaño muestral en 136 para asegurar que la diferencia era de 0,3 L/min con un nivel de confianza del 80 % y un nivel de significación del 5 %, asumiendo una desviación estándar de las diferencias 1,25 L/min.
<b>Enmascaramiento:</b> No se detalla.
<b>Detalles de la medición de gasto cardíaco (CO) y/o índice cardíaco (CI)</b> El gasto cardíaco (CO) se obtenía de manera simultánea para ambas técnicas, la termodilución fue utilizada para la calibración. La obtención de los datos fue cada 24 horas en pacientes de UCI, y cada 4 horas en pacientes de quirófano, cuando el paciente estaba estable.
<b>Análisis</b> Medias, desviación típica (ds), significación $p < 0,05$ . Test Welch para análisis de la varianza (ANOVA). Análisis de Bland-Altman para comparar la media de diferencias, precisión y límite de concordancia.

## Resultados

### N de pacientes (incluidos, evaluados y número de mediciones realizadas)

Se incluyeron un total de 213 pacientes (139 de UCI y 74 de quirófano). Del total de 588 pares de mediciones, 1 medición no pudo ser evaluada debido a interferencias, por lo que se evaluaron un total de 587 pares de medidas.

**Características de pacientes:** la edad media de la muestra fue de 65,1 años (ds  $\pm 12,7$ ), siendo el peso medio de 59,2 kg (ds  $\pm 12,5$ ) y la altura media de 160 cm (ds  $\pm 10,3$ ). El número de hombres incluido fue de 142 (66,6 %), mientras que el de mujeres fue 71 (33,3 %).

### Datos de las mediciones

<b>Gasto cardíaco medio</b>	3,9 (3,2 - 5,1) L/min
<b>Coefficiente de correlación TD-esCCO</b>	$r=0,79$ (IC 95 %: 0,756; 0,819) $p > 0,0001$
<b>Media de diferencias</b>	0,13 L/min (IC 95 %: 0,04; 0,22 L/min)
<b>Precisión</b>	1,15 L/min (IC 95 %: -2,13; 2,39 L/min)

**Referencias a seguridad:** No detalladas.

**Conflicto de intereses:** Sí.

## Conclusiones del equipo investigador

Los autores concluyen que existe una correlación estrecha y una pequeña media de diferencias y alta precisión entre esCCO y la termodilución, lo cual es comparable con las técnicas de análisis del contorno de pulso, actualmente disponibles.

## Información adicional

- **Relación entre exactitud y tiempo tras la calibración:** En la UCI se compararon las diferencias entre esCCO y la termodilución tras la calibración, en aquellos pacientes con medidas posteriores a las 48 horas de la calibración ( $n=23$ ). Estableciéndose 3 grupos, grupo 1: periodo de 24 horas, grupo 2: entre 24 y 48 horas, y grupo 3: más de 48 horas. Así, no se encontraron diferencias significativas de la media de diferencias en torno en los 3 intervalos ( $p=0,781$ ), Siendo el coeficiente medio de variación intra-sujeto del 13 %, con una desviación estándar 7,1 %.
- **Relación entre la resistencia vascular sistémica y el error:** existe una baja correlación entre esCCO en presencia de resistencia vascular sistémica.

Comentario: detalla que se han utilizado diferentes versiones del dispositivo esCCO atendiendo a la disponibilidad en cada centro.

En los resultados se incluyen a pacientes de UCI y quirófano, sin analisis de resultados según la procedencia de las medidas.

## Referencia

McLean AS, Huang SJ, Kot M, Rajamani A, Hoyling L. Comparison of cardiac output measurements in critically ill patients: FloTrac/Vigileo vs transthoracic Doppler echocardiography. *Anaesth Intensive Care*. 2011; 39(4):590-8.

<b>Metodología</b>
<b>Tipo de estudio:</b> Concordancia.
<b>Lugar de realización</b> Unidad de Cuidados Intensivos del hospital Nepean, New South Wales, Australia.
<b>Técnicas de compasión y método de referencia</b> <ul style="list-style-type: none"><li>FloTrac/Vigileo TM v1.10, (Edwards Life sciences, Irvine, CA, USA) con análisis de la curva de presión arterial (APCO),</li><li>Doppler Ecocardiograma transtorácico, 1.5-3.5 MHz transducer on a GE Vivid 7 o Vivid ultrasound machine (GE Vingmed Ultrasound AS, Horten, Norway).</li></ul>
<b>Población</b> <p><b>Criterios de inclusión:</b> Pacientes sometidos a monitorización hemodinámica mediante con análisis del contorno de pulso arterial, que requerían monitorización continua del gasto cardíaco para la optimización de su tratamiento.</p> <p><b>Criterios de exclusión:</b> pacientes con fibrilación auricular o patología de la válvula aórtica.</p>
<b>Cálculo del tamaño muestral</b> No se detalla. Pacientes reclutados durante 8 meses.
<b>Enmascaramiento:</b> Sí.
<b>Detalles de la medición de gasto cardíaco (CO) y/o índice cardíaco (CI)</b> Variable de resultado: Tras la monitorización del gasto cardíaco mediante la técnica FloTrac/Vigileo, se procedió a realizar la medida mediante ecocardiografía transtorácico (ED) en las 6 primeras horas y nuevamente a las 24 horas. La técnica FloTrac/Vigileo se desconectó cuando el paciente presentó arritmias.
<b>Análisis</b> Medias, desviación típica (ds), significación $p < 0,05$ . Coeficiente de correlación de Pearson y comparación de medias mediante la t-Student asumiendo dos colas. Análisis de Bland- Altman para comparar la media de diferencias, precisión y límite de acuerdo ( $IC\ 95\ \% \pm 1,96\ ds$ ).

## Resultados

### N de pacientes (incluidos, evaluados y número de mediciones realizadas)

Se incluyeron a un total de 59 pacientes, se excluyeron a 6 pacientes por la mala calidad de las imágenes o insuficiente recogida de información. De los 53 pacientes, 11 pacientes fueron excluidos por arritmias (n=5) y patologías de la válvula aortica (n=6).

### Características de pacientes

De los 42 finalmente evaluados la edad media fue de 64,8 (ds  $\pm$  15,3), siendo 28 pacientes hombres lo que representa el 66,6%. La mayoría de los pacientes ingresaron con diagnóstico de shock (92 %), de ellos el shock séptico el más frecuente (69 %).

### Datos de las mediciones

	Evaluables (n=42)	Total pacientes (n=53)
Media gasto cardíaco APCO	5,43 $\pm$ 1,83 L/min	5,65 $\pm$ 2,0 L/min
Media gasto cardíaco ED	5,41 $\pm$ 1,63 L/min	5,30 $\pm$ 1,60 L/min
Media de diferencias, precisión (límite de concordancia) L/min	0,02 $\pm$ 0.80 (-1,55 a 1,59)	0,35 $\pm$ 1.35 (-2,3 a 3,0)
Porcentaje error	29,5 %	49,3 %
Correlación	r=0,90 (p<0,001)	r=0,73 (p<0,001)

Además, los análisis mostraron que el porcentaje de error entre las mediciones de gasto cardíaco se mostraba relativamente uniforme, así la media de error y precisión fueron  $-0,7 \pm 14,1$  % de la medición de gasto cardíaco. Mostraron una buena correlación entre los dos métodos: r=0,86 p<0,001

No se encontraron diferencias significativas en el error según sexo (mujeres: 0,20 $\pm$ 0,73; hombres - 0,34 $\pm$ 0.82; p=0,069), superficie corporal (r=0,16; p > 0,05) o edad (r=0.02; p > 0,05). Por último, se encontró una correlación débil, significativa entre el sesgo y el gasto cardíaco con una tendencia del Vigileo a sobreestimar el gasto cardíaco de la ecocardiografía (p=0,028).

**Referencias a seguridad:** En 6 pacientes no se pudo realizar las mediciones debido a la mala calidad de las imágenes o insuficiente recogida de información.

## Conclusiones del equipo investigador

Con las excepciones de los pacientes con ritmos cardíacos irregulares y estenosis aortica significativa, las mediciones realizadas con ecocardiografía transtorácica y FloTrac/Vigileo son clínicamente comparables en pacientes críticos.

## Información adicional

## Anexo VI

<b>Herramienta QUADAS. Artículos Tecnologías basadas en efecto Doppler: Técnica Doppler esofágico</b>	
	<b>Chew, 2009</b>
<b>Item 1</b>	Incluye a pacientes con shock séptico. Pacientes incluidos de manera consecutiva
<b>Item 2</b>	Sí
<b>Item 3</b>	Indica que utiliza CAP
<b>Item 4</b>	Se aplican de manera simultánea
<b>Item 5</b>	Todos los pacientes reciben ambas técnicas
<b>Item 6</b>	Todos los pacientes reciben ambas técnicas
<b>Item 7</b>	Sí
<b>Item 8</b>	Suficientemente detallado
<b>Item 9</b>	Suficientemente detallado
<b>Item 10</b>	Cegamiento
<b>Item 11</b>	Enmascaramiento de resultados obtenidos con ambas técnicas
<b>Item 12</b>	Sí
<b>Item 13</b>	No indica si se produjeron
<b>Item 14</b>	No indica si se produjeron pérdidas

**Herramienta QUADAS. Artículos Tecnologías basadas en efecto Doppler: Técnica Doppler esofágico (continuación)**

	<b>Yamada, 2012</b>	<b>Bataille, 2012</b>
<b>Item 1</b>	Pacientes mayores de 20 años admitidos en UCI o sometidos a operación y que requirieran mediciones de CO con inserción de CAP. Detalla cálculo del tamaño muestral. No detalla reclutamiento	Pacientes ingresados en UCI, independientemente del diagnóstico. Detalla cálculo del tamaño muestral. Todos los pacientes durante periodo de estudio se detallan
<b>Item 2</b>	No especifica criterios claros de exclusión	No especifica criterios claros de exclusión
<b>Item 3</b>	Indica que utiliza CAP	Indica que utiliza ecocardiografía transtorácica
<b>Item 4</b>	Se aplican de manera simultánea	Se aplican de manera simultánea
<b>Item 5</b>	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas
<b>Item 6</b>	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas
<b>Item 7</b>	Sí	Sí
<b>Item 8</b>	Existen aspectos confusos en la descripción de la ejecución de la técnica	Suficientemente detallado
<b>Item 9</b>	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado
<b>Item 10</b>	No menciona que exista enmascaramiento	Cegamiento de resultados obtenidos con ambas técnicas
<b>Item 11</b>	No menciona que exista enmascaramiento	Enmascaramiento de resultados obtenidos con ambas técnicas
<b>Item 12</b>	Sí	Sí
<b>Item 13</b>	Menciona que aquellos pacientes que no se pudieron realizar las mediciones se excluyeron del estudio, en resultados menciona que es un par de medidas.	Se excluye a 4 pacientes por problemas de calibración por arritmia, 1 por ausencia de onda en pletismografía por CID y 1 por neumotorax
<b>Item 14</b>	No indica si se produjeron pérdidas	No indica si se produjeron pérdidas

CID: Coagulación Intravascular Diseminada.

**Herramienta QUADAS. Artículos Tecnologías basadas en efecto Doppler: Técnica Doppler esofágico (continuación)**

	<b>McLean, 2011</b>	<b>Gunst, 2008</b>	<b>Franchi, 2013</b>
<b>Item 1</b>	Pacientes sometidos a monitorización con análisis del contorno de pulso arterial, que requerían monitorización continua para la optimización de su tratamiento. Todos los pacientes durante periodo de estudio fueron detallados	Pacientes con shock monitorizados con CAP. Todos los pacientes incluidos de manera consecutiva	Paciente con traumatismo dentro de las primeras 24 h de admisión en UCI, con necesidad de estabilización hemodinámica. Detalla cálculo tamaño muestral.
<b>Item 2</b>	Sí	Sí	Sí
<b>Item 3</b>	Indica que utiliza FloTrac/Vigileo	Indica que utiliza CAP	Indica que utiliza MostCare
<b>Item 4</b>	Se aplican de manera simultánea	Se aplican de manera simultánea	Se aplican de manera simultánea
<b>Item 5</b>	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas
<b>Item 6</b>	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas
<b>Item 7</b>	Sí	Sí	Sí
<b>Item 8</b>	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado
<b>Item 9</b>	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado
<b>Item 10</b>	Cegamiento de resultados obtenidos con ambas técnicas	Cegamiento de resultados obtenidos con ambas técnicas	No menciona que exista enmascaramiento
<b>Item 11</b>	Enmascaramiento de resultados obtenidos con ambas técnicas	Enmascaramiento de resultados obtenidos con ambas técnicas	No menciona que exista enmascaramiento
<b>Item 12</b>	Sí	Sí	Sí
<b>Item 13</b>	Se excluyeron a 6 pacientes por la mala calidad de las imágenes o insuficiente recogida de datos	De los 85 exámenes, 50 (59%) fueron de buena calidad	No especifica si se produjeron errores
<b>Item 14</b>	Se excluyeron a 6 pacientes por la mala calidad de las imágenes o insuficiente recogida de información	De los 85 exámenes, 50 (59%) fueron de buena calidad	No indica si se produjeron pérdidas

Herramienta QUADAS. Artículos Tecnologías basadas en bioimpedancia-bioreactancia								
	Fellahi, 2012	Raue, 2009	Mekis, 2008	Raval, 2008	Chakravarthy, 2009	Gujjar, 2008	Sharma, 2011	Marqué, 2009
<b>Item 1</b>	Pacientes en UCI sometidos a cirugía cardíaca programa, de cirugía cardíaca convencional, de bypass cardiopulmonar, con requerimientos de monitorización hemodinámica. Detalla cálculo tamaño muestral todos los pacientes durante periodo de estudio	Pacientes con sepsis o síndrome respuesta sistémica inflamatoria severa con indicación de monitorización cardíaca. Todos los pacientes durante periodo de estudio se detallan	Pacientes sometidos a bypass coronaria con cardiopatía isquémica y una fracción de eyección del ventrículo izquierdo menor del 50%. No detalla reclutamiento	No se ofrece información clara de los criterios de inclusión ni definición de pacientes incluidos.	Pacientes admitidos en UCI de cirugía cardíaca tras cirugía electiva de bypass de arteria coronaria con ritmo sinusal y normotermia. Detalla cálculo tamaño muestral. Todos los pacientes durante periodo de estudio se detallan	Pacientes de entre 18 y 80 años en postoperatorio de cirugía electiva cardíaca con requerimiento de catéter de arteria pulmonar. Detalla cálculo tamaño muestral. Todos los pacientes durante periodo de estudio se detallan	Pacientes ingresados en UCI de cirugía cardíaca tras someterse a cirugía de bypass coronario. Detalla cálculo tamaño muestral. Todos los pacientes durante periodo de estudio se detallan	Pacientes que han sido cometidos a cirugía cardíaca programa que requirieron la utilización de un catéter de arteria pulmonar. No detalla cálculo tamaño muestral. Pacientes incluidos de manera consecutiva
<b>Item 2</b>	Sí	Sí	Sí	No se ofrece suficiente información	Sí	Sí	Sí	Sí
<b>Item 3</b>	Indica que utiliza PiCCO	Indica que utiliza PiCCO	Indica que utiliza Termodilución mediante CAP	Indica que utiliza CAP	Indica que utiliza Termodilución mediante CAP	Indica que utiliza Termodilución mediante CAP	Indica que utiliza Termodilución mediante CAP	Indica que utiliza CAP
<b>Item 4</b>	Se aplican de manera simultánea	Se aplican de manera simultánea	Se aplican de manera simultánea	Se aplican de manera simultánea	Se aplican de manera simultánea	Las medidas se obtuvieron en diferentes momentos, con una diferencia entre 1 y 4 horas	No especifica que las medidas se obtuvieron de manera simultánea	Se aplican de manera simultánea

Herramienta QUADAS. Artículos Tecnologías basadas en bioimpedancia-bioreactancia (continuación)								
	Fellahi, 2012	Raue, 2009	Mekis, 2008	Raval, 2008	Chakravarthy, 2009	Gujjar, 2008	Sharma, 2011	Marqué, 2009
<b>Item 5</b>	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas
<b>Item 6</b>	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas
<b>Item 7</b>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
<b>Item 8</b>	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado
<b>Item 9</b>	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado
<b>Item 10</b>	No menciona que exista cegamiento	Enmascaramiento de resultados obtenidos con ambas técnicas	No menciona que exista cegamiento	No menciona que exista cegamiento	Indica que las medidas se obtienen independientemente, pero no se especifica que exista enmascaramiento.	No existe enmascaramiento	No menciona que exista cegamiento	No menciona que exista cegamiento, aunque indica que se registran de manera automática
<b>Item 11</b>	No menciona que exista cegamiento	Enmascaramiento de resultados obtenidos con ambas técnicas	No menciona que exista cegamiento	No menciona que exista cegamiento	No se especifica que exista enmascaramiento, aunque indica que las medidas se obtienen independientemente	No existe enmascaramiento	No menciona que exista cegamiento	No menciona que exista cegamiento, aunque indica que se registran de manera automática
<b>Item 12</b>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Herramienta QUADAS. Artículos Tecnologías basadas en bioimpedancia-bioreactancia (continuación)								
	Fellahi, 2012	Raue, 2009	Mekis, 2008	Raval, 2008	Chakravarthy, 2009	Gujjar, 2008	Sharma, 2011	Marqué, 2009
<b>Item 13</b>	No especifica si se produjeron errores	No especifica si se produjeron errores	10 pares de medidas se perdieron por problemas en la detección de la señal de la impedancia.	No especifica si se produjeron errores	No especifica si se produjeron errores	No especifica si se produjeron errores	Indica que en aquellos periodos en los que alguna de las tres técnicas ofrecía datos erróneos, se eliminaron del estudio, pero no los cuantifica. Esto puede producir una evaluación sesgada.	Indica que en aquellos periodos en los que alguna de las tres técnicas ofrecía datos irreales, se eliminaron del estudio, pero no los cuantifica. Esto puede producir una evaluación sesgada.
<b>Item 14</b>	No indica si se produjeron pérdidas	No indica si se produjeron pérdidas	No indica si se produjeron pérdidas	No indica si se produjeron pérdidas	No indica si se produjeron pérdidas	No indica si se produjeron pérdidas	No indica si se produjeron pérdidas	Menciona que 1 paciente con insuf. severa fue excluido del grupo tratado con CAP

Herramienta QUADAS. Artículos tecnologías basadas en USCOM						
	Udy, 2012	Boyle, 2009	vanLelyveld-Haas, 2008	Thom, 2009	Jain, 2008	Horster, 2012
<b>Item 1</b>	Se trata de una muestra de conveniencia con pacientes sépticos y traumatológicos	No ofrece información sobre los diagnósticos de los pacientes incluidos	Pacientes con inestabilidad hemodinámica	Pacientes mayores de 18 años que por diferentes situaciones clínicas presentaban un catéter de arteria pulmonar	No se especifica una descripción clara de la muestra incluida en el estudio, ni su distribución	Todos los pacientes durante periodo de estudio
<b>Item 2</b>	Se trata de una muestra de conveniencia	Se trata de una muestra de conveniencia	Pacientes adultos sedados y con ventilación mecánica que presentan inestabilidad hemodinámica	Únicamente se menciona pacientes mayores de 18 años, que requirieron la utilización de un catéter de arteria pulmonar	Únicamente menciona que se incluyeron a pacientes críticos ( $\geq 18$ años) con traumatismo o no	Pacientes que presentaban sepsis y que requerían tratamiento con catecolaminas
<b>Item 3</b>	Indica que utiliza el Vigileo/FloTrac	Utiliza tanto el CAP o la termodilución transpulmonar. No se desagregan los resultados	Indica que utiliza CAP	Indica que utiliza CAP	Indica que utiliza CAP	Indica que utiliza PICCO
<b>Item 4</b>	Se aplican de manera simultánea	Especifica que una medida se realizó antes que la otra, pero no es valorable ya que no se especifica cuánto tiempo	Se aplican de manera simultánea	Se aplican de manera simultánea	Se aplican de manera simultánea	Se aplican de manera simultánea
<b>Item 5</b>	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas

<b>Herramienta QUADAS. Artículos tecnologías basadas en USCOM (continuación)</b>						
	<b>Udy, 2012</b>	<b>Boyle, 2009</b>	<b>vanLelyveld-Haas, 2008</b>	<b>Thom, 2009</b>	<b>Jain, 2008</b>	<b>Horster, 2012</b>
<b>Item 6</b>	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas	Todos los pacientes reciben ambas técnicas
<b>Item 7</b>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
<b>Item 8</b>	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado
<b>Item 9</b>	Suficientemente detallado	Ofrece una confusa descripción de las dos técnicas utilizadas	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado	Suficientemente detallado
<b>Item 10</b>	Enmascaramiento de resultados obtenidos con ambas técnicas	Menciona que las mediciones de USCOM fueron realizadas antes que las realizadas por termodilución, con el operador de USCOM cegado a los resultados de termodilución	Enmascaramiento de resultados obtenidos con ambas técnicas	Enmascaramiento de resultados obtenidos con ambas técnicas	No menciona que exista cegamiento, pero dice que los datos fueron registrados automáticamente (minuto a minuto)	No existe enmascaramiento. Las mediciones fueron realizadas por la misma persona
<b>Item 11</b>	Especifica que los resultados de la prueba USCOM fueron interpretados con un profesional cegado a los resultados del Vígileo, pero no al revés	Menciona que las mediciones de USCOM fueron realizadas antes que las realizadas por termodilución, con el operador de USCOM cegado a los resultados de termodilución	Enmascaramiento de resultados obtenidos con ambas técnicas	Enmascaramiento de resultados obtenidos con ambas técnicas	No menciona que exista cegamiento, pero dice que los datos fueron registrados automáticamente (minuto a minuto)	No existe enmascaramiento. Las mediciones fueron realizadas por la misma persona

Herramienta QUADAS. Artículos tecnologías basadas en USCOM (continuación)						
	Udy, 2012	Boyle, 2009	vanLelyveld-Haas, 2008	Thom, 2009	Jain, 2008	Horster, 2012
<b>Item 12</b>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
<b>Item 13</b>	No especifica si se produjeron errores	18 pacientes (16%) fueron excluidos ya que no se pudieron obtener medidas mediante doppler	Incierto, no especifica si se produjeron errores	Menciona que aquellos pacientes con dos errores de lectura se eliminaron del estudio, pero no los cuantifica. Esto puede producir una evaluación sesgada	Menciona que aquellos periodos en los que alguna de las tres técnicas ofrecía datos irreales, se eliminaron del estudio, pero no los cuantifica, Esto puede producir una evaluación sesgada.	Se excluyeron dos pacientes por que no se pudieron realizar las medidas
<b>Item 14</b>	No indica si se produjeron pérdidas	18 pacientes (16 %) fueron excluidos ya que no se pudieron obtener medidas mediante doppler	Se excluye a 1 paciente por señal insatisfactoria	5 pacientes son excluidos por no lectura con doppler	Únicamente menciona que 1 paciente con insuf. severa fue excluido del grupo tratado con CAP	Se excluyeron dos pacientes por que no se pudieron realizar las medidas

<b>Herramienta AMSTAR. Revisiones sistemáticas</b>			
		<b>Chong (2012)</b>	<b>Peyton (2010)</b>
<b>1</b>	¿Se facilitó a priori el diseño? La pregunta de investigación y los criterios de inclusión se deben establecer antes de la realización de la revisión	Sí	Sí
<b>2</b>	¿Se realizó una selección de los estudios y la extracción de datos por duplicado? Deben existir dos revisores independientes y un procedimiento de consenso para desacuerdos	No contemplado	No contemplado
<b>3</b>	¿Se realizó una búsqueda inteligente/comprensible de la literatura? Se utilizaron al menos dos fuentes electrónicas. El informe incluye años y bases de datos utilizadas (ej. EMBASE, MEDLINE), palabras clave, descriptores. Todas las búsquedas deben estar completadas mediante la consulta de registros, libros, expertos y referencias en los estudios encontrados	No	No
<b>4</b>	¿Se tuvo en cuenta el estado de las publicaciones (ej. literatura gris) como criterio de inclusión?	Sí	Sí
<b>5</b>	¿Se ofrece un listado de los estudios incluidos y excluidos?	Sí	Sí
<b>6</b>	¿Se ofrecen las características de los estudios incluidos? De manera agregada se ofrecen datos de los estudios originales (participantes, intervención y resultados). Rango de las características de todos los estudios analizados (ej. edad, raza, sexo, datos socioeconómicos, estado de la enfermedad, duración, severidad u otras enfermedades)	Sí	Sí
<b>7</b>	¿Se informa sobre la evaluación de la calidad de los estudios incluidos?	No	No
<b>8</b>	¿En la formulación de las conclusiones se utilizó de forma apropiada la evaluación de la calidad de los estudios incluidos? Los resultados del rigor metodológico y la calidad científica deben ser tenidos en cuenta en el análisis y conclusiones de la revisión, y explícitamente considerados en la formulación de las recomendaciones	No aplicable	No aplicable
<b>9</b>	¿Fueron adecuados los métodos para combinar los resultados? Se utilizó un método estadístico para asegurar que los estudios eran combinables y para valorar la homogeneidad (ej. I <sup>2</sup> ). Si existió heterogeneidad se utilizó un modelo de efectos aleatorios y /o una aproximación clínica apropiada fue utilizada	No responsable	No responsable
<b>10</b>	¿Se evaluó la probabilidad del sesgo de publicación? Una evaluación del sesgo de publicación debe incluirse en combinación de un gráfico y/o un teste estadístico (ej, test de regresión de Egger)	No	No
<b>11</b>	¿Se informa sobre los conflictos de intereses? Las potenciales fuentes deben ser claramente especificadas en la revisión sistemática y en los estudios incluidos	Sí	No





