

# Monitoreo hemodinámico con sensor implantable inalámbrico (CardioMEMS) en pacientes con insuficiencia cardíaca

## Primera experiencia en Latinoamérica post aprobación para uso clínico

Solón Navarrete Hurtado<sup>1</sup>, Miguel Brecci<sup>1</sup>, Fernando Riveros<sup>2</sup>,  
Gustavo Lemus Barrios<sup>3</sup>, Luisa Amado<sup>4</sup>, Katalina Mera<sup>5</sup>

### Resumen

El sistema de monitoreo hemodinámico ambulatorio de las presiones de la arteria pulmonar es una novedosa herramienta basada en el implante permanente de un sensor de medición de presiones en la arteria pulmonar que permite realizar un seguimiento más estricto a los pacientes con insuficiencia cardíaca. El seguimiento basado en parámetros hemodinámicos permite optimizar el tratamiento de los pacientes antes de que las manifestaciones clínicas de la descompensación sean evidentes. Esto se traduce en una reducción en el número de hospitalizaciones por insuficiencia cardíaca, en un impacto positivo en calidad de vida de los pacientes y en la reducción de costos de atención en salud. Mostramos las primeras experiencias del uso de esta tecnología en Latinoamérica en tres pacientes adecuadamente seleccionados.

*Insuf Card 2018; 13(3):134-144*

**Palabras clave:** Insuficiencia cardíaca - Monitoreo hemodinámico - Monitoreo de la presión arterial pulmonar - Sensor de insuficiencia cardíaca - CardioMEMS

### Summary

*Hemodynamic monitoring using wireless implantable sensor (CardioMEMS) in patients with heart failure  
First experience in Latin America post approval for clinical use*

*Ambulatory hemodynamic monitoring of pulmonary artery pressures is a new tool based on the permanent implantation of a pulmonary artery pressure measurement catheter that allows stricter monitoring of patients with heart failure. Based on hemodynamic parameters, it is possible to optimize the treatment of patients before the*

<sup>1</sup> Médico cardiólogo y epidemiólogo. Clínica de Falla Cardíaca. Servicio de cardiología. Hospital Central de la Policía Nacional. Bogotá. Colombia.  
<sup>2</sup> Médico cardiólogo hemodinamista. Servicio de Hemodinamia. Servicio de cardiología. Hospital Central de la Policía Nacional. Bogotá. Colombia.  
<sup>3</sup> Residente medicina interna. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia.  
<sup>4</sup> Médica general. Clínica de Falla Cardíaca. Servicio de cardiología. Hospital Central de la Policía Nacional. Bogotá. Colombia.  
<sup>5</sup> Enfermera en Jefe. Clínica de Falla Cardíaca. Servicio de cardiología. Hospital Central de la Policía Nacional. Bogotá. Colombia.

**Correspondencia:** Dr. Solón Navarrete Hurtado.  
Carrera 59 #26-2, 1º piso, Servicio de cardiología, Hospital Central de la Policía Nacional. Bogotá. Colombia.  
E-mail: solon.navarrete@gmail.com  
Teléfono móvil: 57-3153357070  
Teléfono Oficina: 57-1-2440416

Recibido: 13/05/2018  
Aceptado: 18/07/2018

clinical manifestations of decompensation are evident. This leads to a reduction in the number of hospitalizations due to heart failure, in a positive impact on quality of life and the reduction of health care costs. We show the first experience of the use of this technology in Latin America.

**Keywords:** Heart failure - Hemodynamic monitoring - Pulmonary artery pressure monitoring - Heart failure sensor - CardioMEMS

## Resumo

### Monitoramento hemodinâmico utilizando sensor implantável sem fio (CardioMEMS) em pacientes com insuficiência cardíaca Primeira experiência na América Latina pós-aprovação para uso clínico

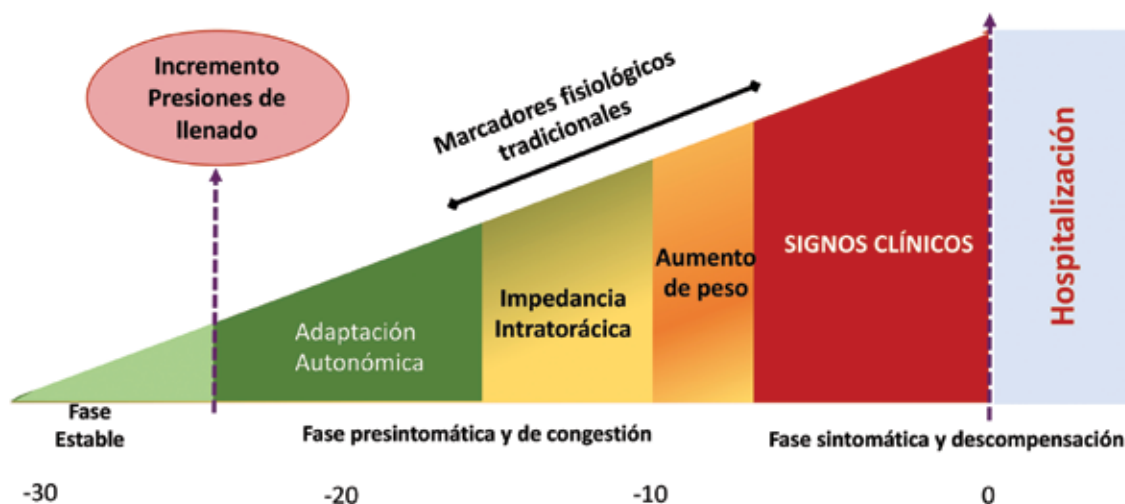
O sistema de monitorização hemodinâmica ambulatoria das pressões na artéria pulmonar é uma nova ferramenta baseada no implante permanente de um sensor de pressão na artéria pulmonar que permite um monitorio mais rigoroso dos pacientes com insuficiência cardíaca. O acompanhamento baseado em parâmetros hemodinâmicos permite otimizar o tratamento dos pacientes antes que as manifestações clínicas da descompensação sejam evidentes. Isso se traduz em redução do número de internações por insuficiência cardíaca, impacto positivo na qualidade de vida dos pacientes e redução das costas na saúde. Mostramos as primeiras experiências do uso dessa tecnologia na América Latina em três pacientes adequadamente selecionados.

**Palavras-chave:** Insuficiência cardíaca - Monitorização hemodinâmica - Monitorização da pressão arterial pulmonar - Sensor de insuficiência cardíaca - CardioMEMS

## Introducción

La insuficiencia cardíaca (IC) es un síndrome clínico complejo que afecta cerca de 26 millones de personas a nivel mundial y que tiene una importante morbilidad y mortalidad<sup>1</sup>. El curso clínico de los pacientes con IC crónica presenta frecuentes hospitalizaciones por descompensación de su enfermedad, teniendo repercusiones en mortalidad, calidad de vida y en la economía de los sistemas de salud<sup>1,2</sup>. Avances significativos en el bloqueo neurohumoral con medicamentos y terapias con dispositivos como resincronizadores o cardiodesfibriladores implantables (CDI) han permitido mejorar los desenlaces

clínicos; no obstante, cerca de un 30% de los pacientes presentan nuevas hospitalizaciones por descompensaciones de su enfermedad, incrementando la mortalidad<sup>1,2</sup>. Estrategias como la medición del peso corporal diario permiten una detección temprana de los síntomas de descompensación y una optimización precoz del tratamiento; sin embargo, muchas de las manifestaciones clínicas son antecedidas por alteraciones hemodinámicas asintomáticas<sup>3</sup>. Nuevas tecnologías como el monitoreo ambulatorio e inalámbrico (mediante el implante mínimamente invasivo de un sensor) permiten la medición hemodinámica de las presiones de la arteria pulmonar (PAP) que preceden precozmente a una descompensación (Figura 1). Estudios clínicos ba-



**Figura 1.** Esquema en el cual se evidencian los cambios que preceden a una descompensación. Uno de los primeros cambios es el incremento de las presiones de llenado, mucho antes que observe un incremento del peso y que aparezcan los signos clínicos de descompensación. Adaptado de Adamson PB. Current Heart Failure Reports 2009, 6:287-292.

sados en el uso de este dispositivo respaldan su uso en pacientes seleccionados, evidenciándose bajas tasas de complicaciones<sup>4-6</sup>.

Desde el punto de vista hemodinámico, la medición de la presión diastólica de la arteria pulmonar proporciona una estimación clínica de la presión de cuña capilar pulmonar y la presión diastólica del ventrículo izquierdo (VI). Cuando estas presiones están aumentadas, pueden predecir la transición a una descompensación en pacientes con IC<sup>3</sup>. Así mismo, se ha demostrado que el incremento en las presiones de llenado cardíacas en los pacientes con IC está asociado con mayor hospitalización y mortalidad<sup>7</sup>. El estudio COMPASS-HF (*Chronicle Offers Management to Patients with Advanced Signs and Symptoms of Heart Failure*) logró demostrar que el ajuste de la terapia médica guiado por la información de las presiones pulmonares por un sensor implantado, disminuyó las hospitalizaciones de forma más efectiva que la terapia guiada únicamente por signos y síntomas clínicos de congestión<sup>8</sup>. A pesar de los aportes del estudio COMPASS-HF, éste carecía de una definición óptima de normovolemia que permitiera tomar una decisión terapéutica según valores. El tratamiento de los pacientes basado en el monitoreo continuo de PAP se refinó con el estudio CHAMPION<sup>4</sup> (*CardioMEMS Heart Sensor Allows Monitoring of Pressure to Improve Outcomes in NYHA Class III Heart Failure Patients*). Éste fue un ensayo clínico aleatorizado, controlado, que evaluó la eficacia y la seguridad del sistema de monitoreo continuo de PAP en pacientes con IC con clase funcional III según *New York Heart Association* (NYHA), independiente de la fracción de eyección, que habían presentado hospitalizaciones por su cardiopatía en el último año. Los médicos tuvieron acceso a las PAP de los pacientes en el grupo de tratamiento solamente, en los que los medicamentos se ajustaron en función de los datos generados. El grupo de control recibió manejo de IC tradicional. Con el uso de este dispositivo y la terapia guiada, se logró reducir el número de hospitalizaciones por IC en un 28% a los 6 meses, comparado con el grupo control. Este beneficio clínico se mantuvo a los 15 ± 7 meses con una reducción del 37%, y en un nuevo estudio de extensión a los 31 meses, se logró una reducción del 48% de hospitalizaciones por IC y un 21% de reducción de hospitalizaciones por todas las causas<sup>5</sup>.

Nuevos estudios derivados del estudio CHAMPION han permitido conocer que con metas de presión diastólica de arteria pulmonar de 8 mm Hg a 20 mm Hg y/o presión media de arteria pulmonar 10 mm Hg a 25 mm Hg se puede

Tabla 1. Criterios de inclusión

- Mayores de 18 años.
- Diagnóstico de insuficiencia cardíaca clase III (NYHA) 30 días antes del implante del sensor.
- Antecedente de hospitalización por empeoramiento de falla cardíaca dentro de los 12 meses antes del implante.
- Si los pacientes cursan reducción de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo, ellos deben estar estables.
- Terapia médica óptima para falla cardíaca según guía bien tolerada.
- Aceptar el consentimiento informado.

optimizar de manera más segura el bloqueo neurohumoral de los pacientes con los mismos desenlaces positivos en re-hospitalización<sup>9-11</sup>.

Los costos en la atención en salud de los pacientes con IC son extraordinariamente altos, y la mayoría provienen de atenciones por descompensación que requieren hospitalizaciones prolongadas<sup>1</sup>. En un análisis independiente de costo-efectividad de Sandhu y colaboradores, basado en el estudio CHAMPION, el uso del sistema CardioMEMS tuvo un total de 2,18 hospitalizaciones por paciente en comparación con 3,12 en los pacientes con cuidado habitual en el brazo control, con una reducción absoluta de 0,94 hospitalizaciones durante la vida de un paciente. También se logró documentar el aumento de la esperanza de vida en 0,42 años y la esperanza de vida ajustada por calidad (QALY, *quality-adjusted life-year*) en 0,28. El brazo de CardioMEMS logró sus beneficios de salud a un costo incrementado de us\$20.079. En conjunto, la intervención de CardioMEMS cuesta us\$71.462 por QALY ganado ó us\$48.054 por año de vida ganado<sup>12</sup>. En las guías de la Sociedad Europea de Cardiología 2016, CardioMEMS recibió una recomendación de Clase IIb como herramienta para manejar el tratamiento de los pacientes con IC<sup>13</sup>.

Si bien el uso de un dispositivo de monitoreo crónico tiene el potencial de impactar positivamente en la vida de cualquier individuo en falla cardíaca, no todos los pacientes son candidatos a la utilización del mismo, los criterios de selección para el uso del monitoreo inalámbrico de las PAP se detallan en la Tabla 1 y la Tabla 2.

Describimos la primera experiencia clínica después de su aprobación para uso clínico del sistema de monitoreo inalámbrico de la PAP en pacientes con IC.

## Funcionamiento del dispositivo

El sistema está compuesto por un sensor inalámbrico electromecánico capacitivo libre de baterías, diseñado para su implantación permanente en la arteria pulmonar distal mediante cateterismo derecho, cuenta además con un sistema automatizado de registro de la actividad hemodinámica del paciente y una plataforma *web* donde

Tabla 2. Criterios de exclusión

- Pacientes con infección activa.
- Pacientes con antecedentes de embolia pulmonar recurrente (>1) o trombosis venosa profunda.
- Pacientes incapaces de tolerar un cateterismo cardíaco derecho.
- Pacientes con una tasa de filtración glomerular (TFG) <25 ml/min que no responden a la terapia diurética o que están en diálisis renal crónica.
- Pacientes que han tenido un evento cardiovascular importante (por ejemplo, infarto de miocardio, accidente cerebrovascular) dentro de los dos meses previos a la evaluación inicial.
- Pacientes con cardiopatía congénita o válvula mecánica cardíaca derecha.
  - Pacientes con trastornos conocidos de la coagulación.
  - Pacientes con hipersensibilidad o alergia a la aspirina y/o clopidogrel.
  - Pacientes que se han sometido a la implantación de un dispositivo de resincronización cardíaca en los últimos tres meses.

se encuentra la base de datos del paciente. Una vez implantado en la arteria pulmonar, el sensor proporciona los datos hemodinámicos de presión sistólica, diastólica y media, así como de frecuencia cardíaca (FC). En el primer estudio clínico de Verdejo y col. se evidenció que la monitorización inalámbrica de la PAP, utilizando el sensor CardioMEMS, se correlacionaba con el catéter de Swan-Ganz y las mediciones ecocardiográfica de la PAP<sup>14</sup>. Para garantizar el envío de los datos a la plataforma *web*, el paciente debe realizar las mediciones en el domicilio con el dispositivo de envío de las señales (previo entrenamiento).

Una vez que los datos son transmitidos y almacenados en la *web*, permiten al médico o grupo de profesionales tratantes consultar los parámetros del paciente y realizar ajustes en la terapia farmacológica basado en la hemodinamia del paciente (Figura 2). Los ajustes farmacológicos se pueden realizar durante una consulta periódica o vía telefónica, teniendo en cuenta también los síntomas referidos por el paciente.

Es importante mencionar que se debe esperar un proceso de endotelización del dispositivo, el cual dura en promedio 3 meses. Durante este proceso, los valores hemodinámicos de presión pueden variar  $\pm 10$  mm Hg, por cual durante los primeros 90 días la vigilancia de las mediciones del paciente serán más frecuentes (al menos 2 veces por semana), garantizando la calidad de los datos y la evaluación de las tendencias del comportamiento hemodinámico.

Una vez logrado el proceso de endotelización (3 meses), se ajusta el promedio de los umbrales según los valores recogidos en el transcurso del tiempo, permitiéndose solo una variación de 2-3 mm Hg, por ejemplo, si las metas del pacientes son de 19 mm Hg, los umbrales se ajustan a 16 y 22 mm Hg.

Se plantea un enfoque de tres fases para el control hemodinámico del paciente, cuyas metas son el mantenimiento de las presiones y la normovolemia:

**Fase I:** consideraciones post-implante (día posterior al implante).

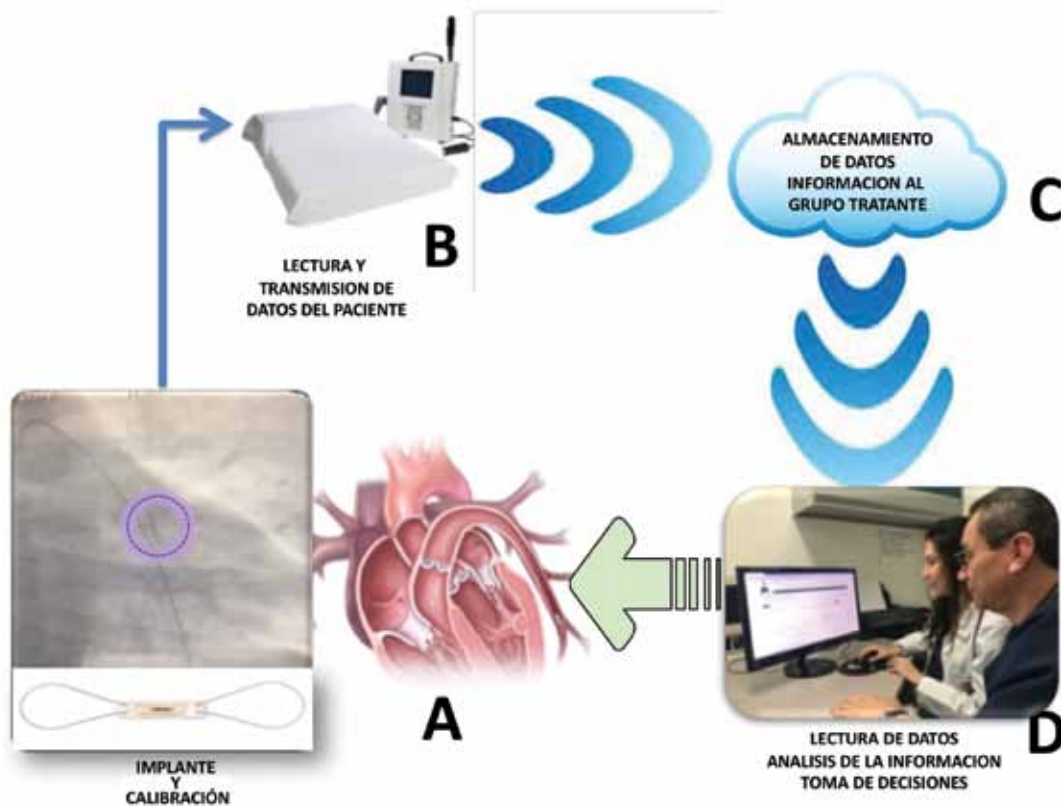
**Fase II:** obtener normovolemia (60-90 días posterior al implante).

**Fase III:** mantener normovolemia (90 días seguimiento indefinido).

En la fase I, se verifica el acople del dispositivo, se debe iniciar una terapia antiagregante (aspirina 100 mg/día y clopidogrel 75 mg/día) durante 30 días posterior al implante, luego los pacientes continúan en manejo con aspirina indefinidamente. Durante esta etapa, se busca conocer el estado hemodinámico basal del paciente.

Durante la fase II, se establecen las metas de presión arterial diastólica pulmonar (PAD) para el manejo del paciente y también se establecen los umbrales de presión (mínimo y máximo) en los cuales se debe mantener el paciente.

Existen algoritmos de manejo que orientan el manejo del paciente según perfil hemodinámico<sup>9</sup>, permitiendo



**Figura 2.** Esquema de funcionamiento del sistema de monitoreo inalámbrico de la presión pulmonar. **A.** Implante del sensor con su respectiva calibración. **B.** Transmisión de los datos por medio de la almohada y sensor inalámbrico en el domicilio del paciente. **C.** Almacenamiento de los datos en la *web* y transmisión de la información hacia el grupo a cargo del manejo de cada paciente. **D.** Recepción y lectura de la información para la toma de decisiones terapéuticas.



Tabla 3. Algoritmo de manejo según perfil clínico del paciente

<b>Hipovolémico (PAD debajo de umbral)</b>	El paciente se encuentra mal perfundido en ausencia de síntomas de congestión. Conducta: <ol style="list-style-type: none"><li>1. Disminuir o suspender diurético de asa o tiazídico, se podría considerar la liberación de líquidos.</li><li>2. Bajar o sostener vasodilatadores (según signos de hipotensión).</li><li>3. Bajar o mantener la dosis de IECA o ARA II.</li><li>4. Evaluar monitoreo 2-3 veces por semana.</li></ol>
<b>Normovolémico (PAD en metas)</b>	Paciente en metas. Conducta: <ul style="list-style-type: none"><li>- No se realizan cambios en medicamentos.</li><li>- Se puede evaluar monitoreo semanalmente.</li></ul>
<b>Hipervolémico (PAD elevadas)</b>	Paciente hipervolémico. Conducta: <ul style="list-style-type: none"><li>- Incrementar diurético de asa.</li><li>- Agregar diurético tiazídico.</li><li>- Agregar o titular vasodilatador.</li><li>- Considerar ingreso para manejo con diuréticos por vía intravenosa.</li></ul>

PAD: presión arterial pulmonar diastólica.

homogenizar el tratamiento ante situaciones clínicas de hipovolemia e hipervolemia (Tabla 3).

## Materiales y métodos

En el Hospital Central de la Policía Nacional en Bogotá (Colombia), posterior a una selección exhaustiva de los pacientes candidatos, se realizaron los primeros implantes del sistema de monitoreo inalámbrico de la PAP (sistema CardioMEMS) en Latinoamérica, para uso clínico en pacientes con IC.

Tras la aplicación estricta de los criterios de selección, se logró identificar a 3 pacientes con el perfil clínico para beneficiarse de este tipo de monitoreo. Los pacientes eran adultos jóvenes entre los 25 y 43 años.

A continuación, se presenta brevemente cada uno de los casos, siguiéndose cada uno de los pasos para el protocolo de implante como los descritos en la Tabla 4 e ilustrados en la Figura 3:

### Paciente 1

Paciente femenina de 43 años de edad, con diagnóstico de cardiopatía dilatada periparto con severa disfunción ventricular, fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) de 23% y clase funcional III según NYHA, con dilatación de cavidades derechas sin hipertensión pulmonar, portadora de un CDI (estimulación tricameral), como prevención primaria de muerte súbita, con múltiples consultas al servicio de urgencias, recurrentes hospitalizaciones, requiriendo estancias hospitalarias prolongadas a pesar de tener manejo óptimo para su IC. La paciente reside fuera de la ciudad capital en una región sin acceso a una rápida atención cardiológica.

### Paciente 2

Paciente masculino de 25 años de edad con diagnóstico de cardiomiopatía dilatada de posible etiología viral, falla cardíaca secundaria, con disfunción ventricular izquierda, FEVI de 23%, clase funcional III según NYHA e insuficiencia mitral leve, con hospitalización por episodio de falla cardíaca aguda, quien para su compensación ha requerido dos hospitalizaciones prolongadas con deterioro

importante de su clase funcional y calidad de vida para conseguir adecuada titulación de la medicación así como de lograr una estabilidad clínica.








### Paciente 3

Paciente masculino de 34 años de edad con diagnóstico de hipertensión arterial de difícil control, miocardiopatía dilatada de posible origen hipertensivo, severa disfunción ventricular con una FEVI deprimida calculada en un 34% y en clase funcional III según NYHA, quien ha presentado en el último año múltiples hospitalizaciones por descompensación de la IC, con deterioro progresivo de su clase funcional y de la calidad de vida.

Los implantes se realizaron el 15 de noviembre de 2017 por el Servicio de Hemodinamia con acompañamiento de un equipo externo con experiencia en la técnica. El protocolo de implante incluyó una serie de 7 pasos a saber: acceso venoso, medición de presiones y gasto cardíaco, acceso a la arteria pulmonar, obtención de imágenes de arteria pulmonar, implante del dispositivo y hemostasia<sup>15</sup>. Los detalles del protocolo y de la descripción pormenorizada de cada uno de estos pasos para el implante del sistema de monitoreo inalámbrico de la presión pulmonar se exponen en la Tabla 4.

## Resultados

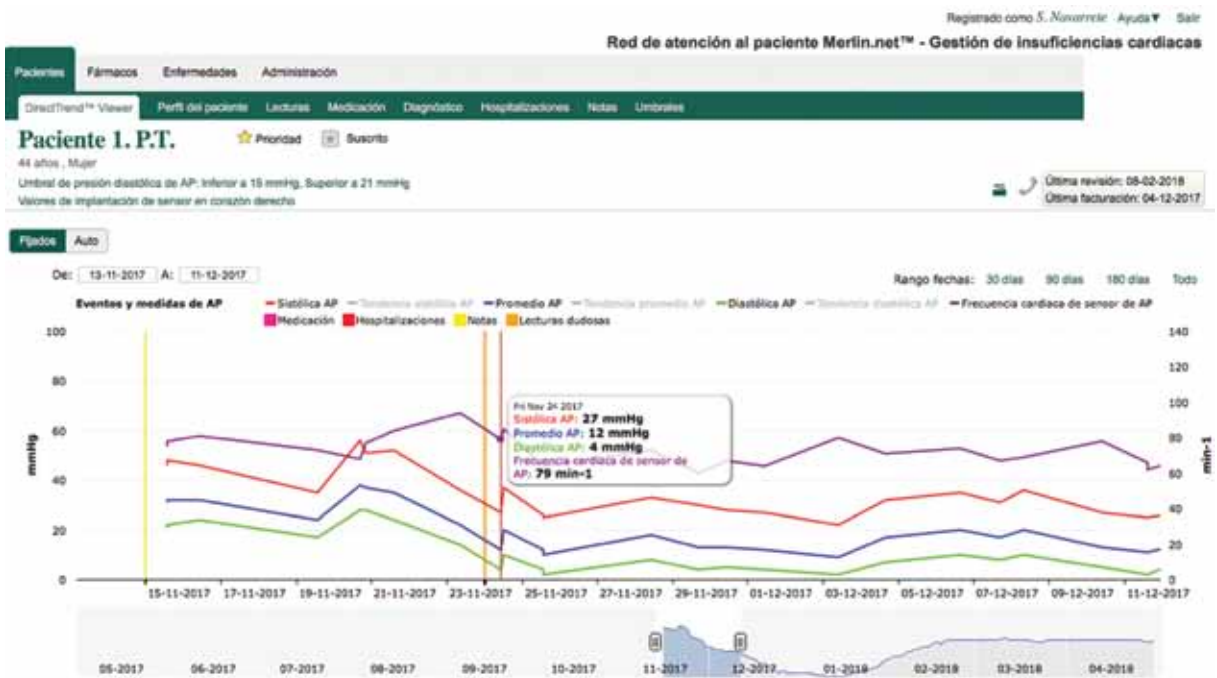
En el momento de escribir este artículo, los pacientes se encontraban en fase III del proceso donde se ha logrado el proceso de endotelización y donde se han ajustado los umbrales. El sistema de monitoreo permite monitorear los valores de presión arterial pulmonar sistólica, presión arterial diastólica, presión arterial pulmonar media y la FC en forma permanente, detectando los cambios en sus valores diariamente. En la Figura 4, se ilustra cómo se visualizan y grafican los valores de cada una de estas variables al consultar la página *web* del servidor para cada paciente de manera tal que al desplazar el curso sobre cada punto de las diferentes curvas aparecen los valores de ese momento en particular. El sistema permite navegar por diferentes opciones, que en formato de pestañas al hacer

PASO	ACTIVIDAD	IMAGEN	DESCRIPCION
1	Acceso venoso		Vena femoral común derecha. 12 Fr requerida.
2	Medida de presiones y gasto cardíaco		Medición precisa de las presiones de la aurícula derecha, el ventrículo derecho, la arteria pulmonar y de cuña capilar pulmonar. Medición del gasto cardíaco por Fick y / o métodos de termodilución.
3	Acceso a la arteria pulmonar		La ubicación ideal del sensor se encuentra dentro de una rama orientada inferior y posterior de la izquierda
4	Imágenes de la arteria pulmonar		La imagen selectiva de la ubicación deseada del implante se puede hacer usando el puerto distal de un Catéter con cuña de balón de 7 Fr. El vaso ideal debe medir idealmente entre 7-15 mm de diámetro.
5	Preparación del dispositivo y implantación		El catéter de suministro del sensor que está sobre la guía se enjuaga, el sensor se agita en solución salina heparinizada y se avanza sobre una guía de 0,018". El sensor se libera utilizando el sistema de liberación de correa.
6	Calibración del sensor		La antena de la unidad electrónica del hospital se coloca debajo del paciente y el sensor se calibra en referencia a las presiones arteriales pulmonares medidas de forma invasiva
7	Hemostasia		Hemostasia manual, o sutura

**Figura 3.** Protocolo de implante del monitor inalámbrico de la presión pulmonar. Se indican los siete pasos sucesivos con su descripción correspondiente.

**Tabla 4. Secuencia de pasos para el implante del monitor inalámbrico de la presión pulmonar.**  
 Tomado de *The CardioMEMS Heart Failure Sensor: A Procedural Guide for Implanting Physicians*<sup>12</sup>

PASOS	PROCEDIMIENTO	COMENTARIO
Paso 1	Acceso venoso	Vena femoral común derecha de 12 Fr requerida.
Paso 2	Medida de presiones y gasto cardíaco	Medición precisa de la aurícula derecha, el ventrículo derecho, la arteria pulmonar y presiones de cuña capilar pulmonar. Medición del gasto cardíaco por Fick y/o métodos de termodilución.
Paso 3	Acceso a la arteria pulmonar	La ubicación ideal del sensor se encuentra dentro de una rama orientada inferior y posterior de la izquierda.
Paso 4	Imágenes de la arteria pulmonar	La imagen selectiva de la ubicación deseada del implante se puede hacer usando el puerto distal de un catéter con cuña de balón de 7 Fr. El vaso ideal debe medir idealmente entre 7-15 mm de diámetro.
Paso 5	Preparación del dispositivo e implantación	El catéter de suministro del sensor que está sobre la guía se enjuaga, el sensor se agita en solución salina heparinizada y se avanza sobre una guía de 0,018". El sensor se libera utilizando el sistema de liberación de correa.
Paso 6	Calibración del sensor	La unidad de electrónica del hospital se coloca debajo del paciente y el sensor se calibra en referencia a las presiones arteriales pulmonares medidas de forma invasiva.
Paso 7	Hemostasia	Hemostasia manual o sutura.

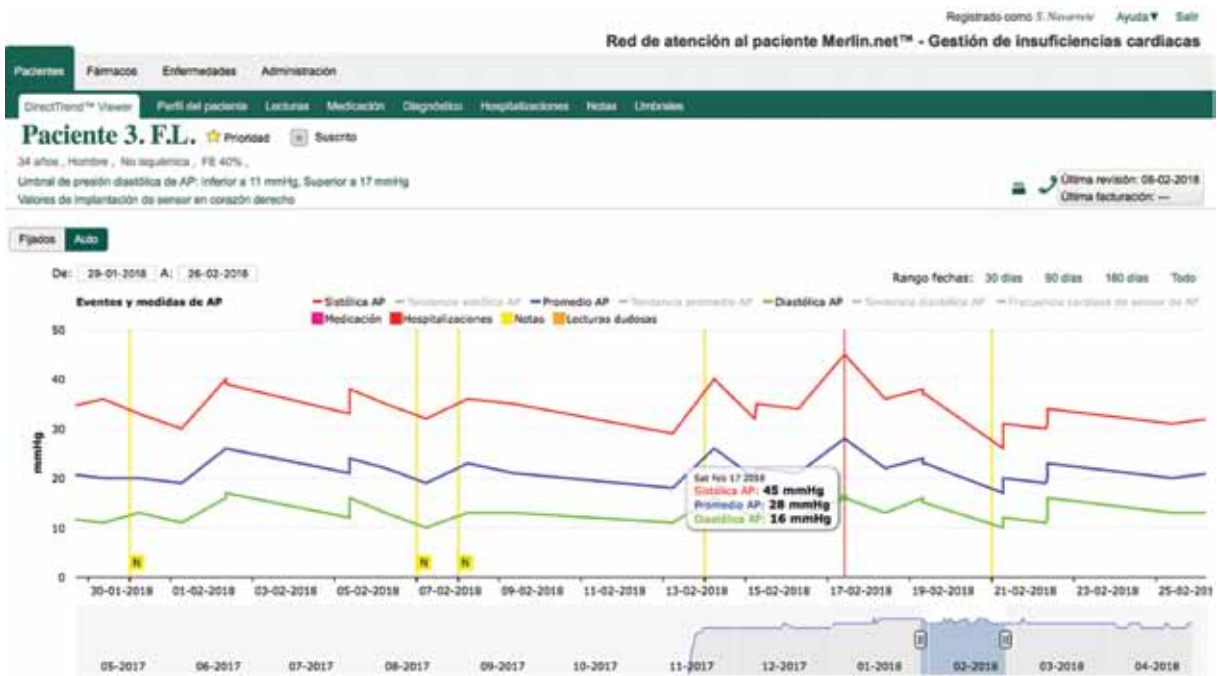


**Figura 4.** Forma de visualización de las variables fisiológicas de la paciente número 1 en la pantalla de la computadora. Cada línea representa la medición de una medición distinta. Línea Roja: presión sistólica de arteria pulmonar. Línea verde: presión diastólica de arteria pulmonar. Línea azul: promedio de presión de arteria pulmonar. Línea morada: frecuencia cardíaca.

click sobre cada una de ellas se puede encontrar información correspondiente al paciente en particular, describiendo el perfil clínico del paciente seleccionado, verificar las lecturas realizadas, revisar la medicación, detallar aspectos sobre las hospitalizaciones previas, realizar notas sobre la evolución, revisar y modificar los umbrales establecidos. El seguimiento clínico con el monitoreo inalámbrico de la PAP ha permitido realizar los ajustes terapéuticos encaminados a tener a los pacientes en metas tales como el control de la FC y de sus variables hemodinámicas, de manera tal que se logra obtener una adecuada optimización de la terapia farmacológica en cada uno de los pacientes que se incluyeron en esta primera experiencia clínica, después de que se aprobara por las autoridades regulatorias el uso del sistema de monitoreo inalámbrico de la PAP.

A modo de ejemplo, se ilustra el claro funcionamiento del sistema detectándose elevaciones de los valores programados como umbrales y poder implementar conductas correctivas antes de la descompensación clínica del paciente (Figura 5). En el monitoreo del paciente número 3 se puede observar que los valores de los parámetros hemodinámicos en quien se ajustó un umbral para una PAD entre 11 a 16 mm Hg, se encontraba en el límite superior de los 16 mm de Hg, se procede a realizar un contacto telefónico y se le indica al paciente aumentar la dosis del manejo diurético de la furosemida por vía oral. Al continuar el monitoreo diario los valores de PAD comenzaron a descender dentro de las primeras 24 horas de realizado el ajuste de la dosis del diurético y continuaron con la actividad educativa respecto al manejo higiénico dietético de la

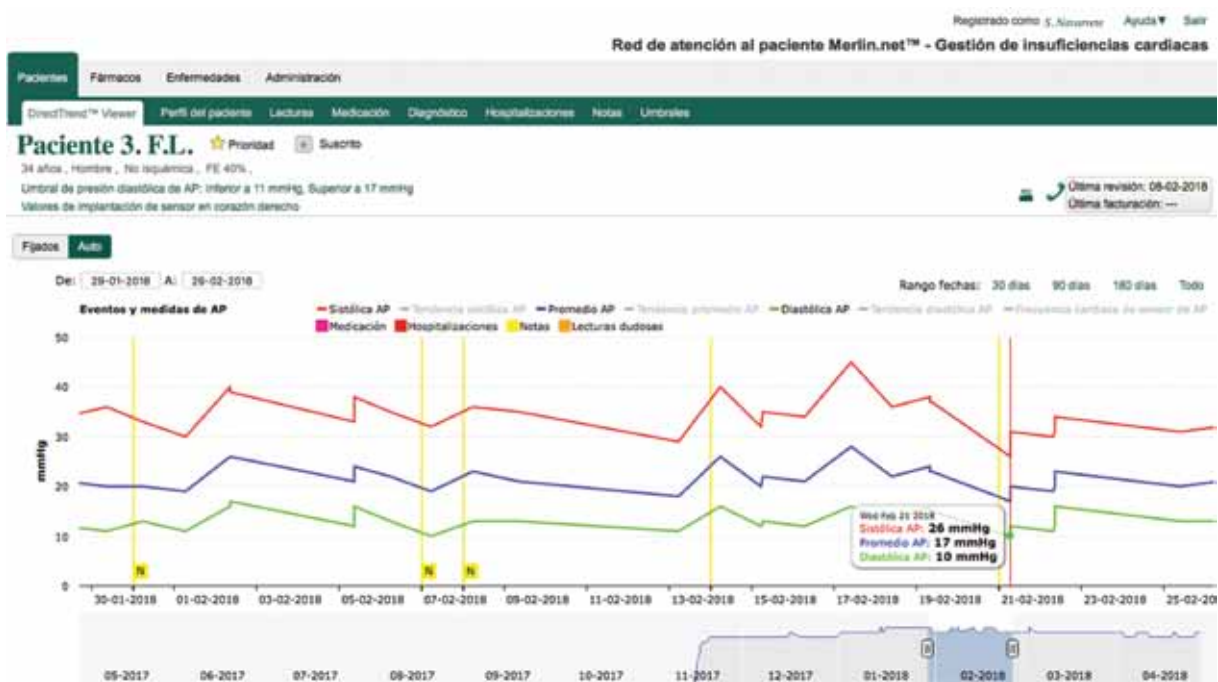




**Figura 5.** Los parámetros de medición del paciente 3 antes del ajuste farmacológico. Nótese la presión diastólica de la arteria pulmonar (AP) con valor de 16 mm Hg (umbral máximo).

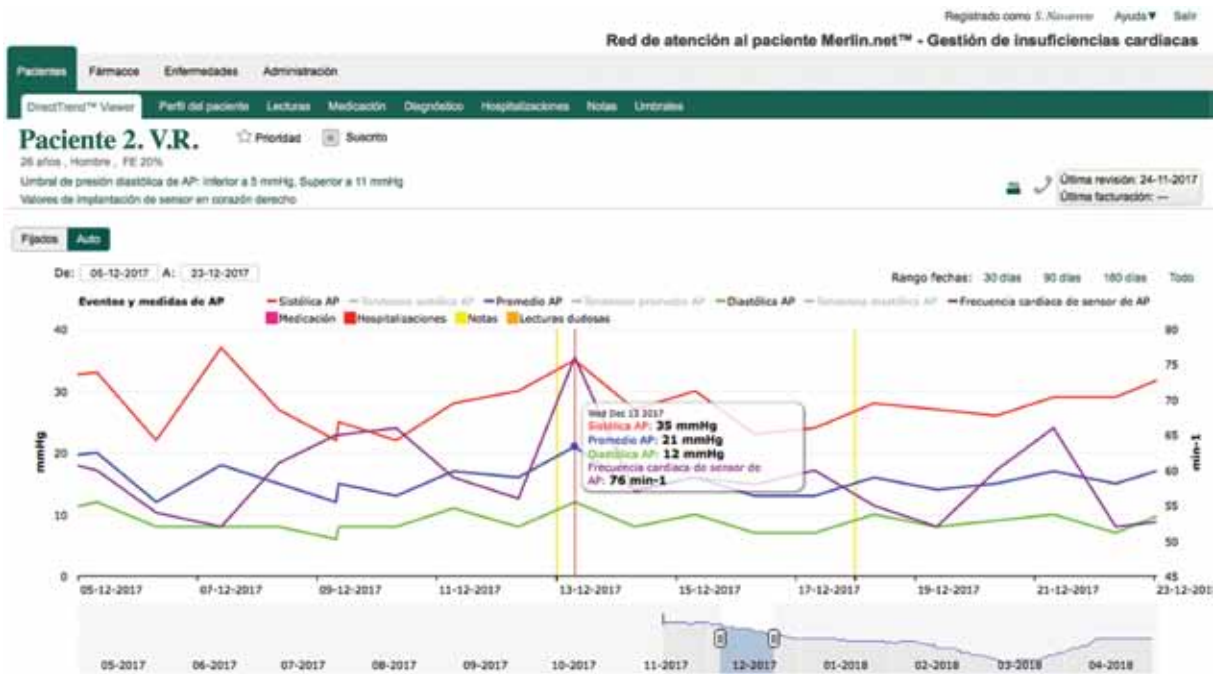
ingesta de líquidos, lográndose estabilizar en valores cercanos a los 10 mm Hg y de esta manera controlaron de manera temprana los cambios hemodinámicos presentados con una intervención precoz (Figura 5 y 6). La modulación de la FC también figura como parte de los objetivos terapéuticos en el síndrome de IC. En nuestro paciente número 2, en la Figura 7 se puede observar que la FC se encontraba fuera de las metas

terapéuticas ( $FC > 70$  lpm). Este paciente en particular, no obstante de recibir dosis óptimas de beta bloqueantes y de un bloqueador selectivo de corriente IF como lo es la ivabradina, como se aprecia en la figura, presentaba una tendencia a estar siempre con frecuencias mayores a los 70 lpm en los últimos dos días del seguimiento. Se procedió entonces a contactar la paciente, indagar sobre cambios clínicos percibidos, reforzando los as-



**Figura 6.** Los parámetros de medición del paciente 3 después del ajuste farmacológico posterior al aumento de la dosis de furosemida. Nótese los valores de la presión diastólica de la arteria pulmonar (AP), cuyo valor previo era de 16 mm Hg y desciende, llegando a los 10 mm de Hg.



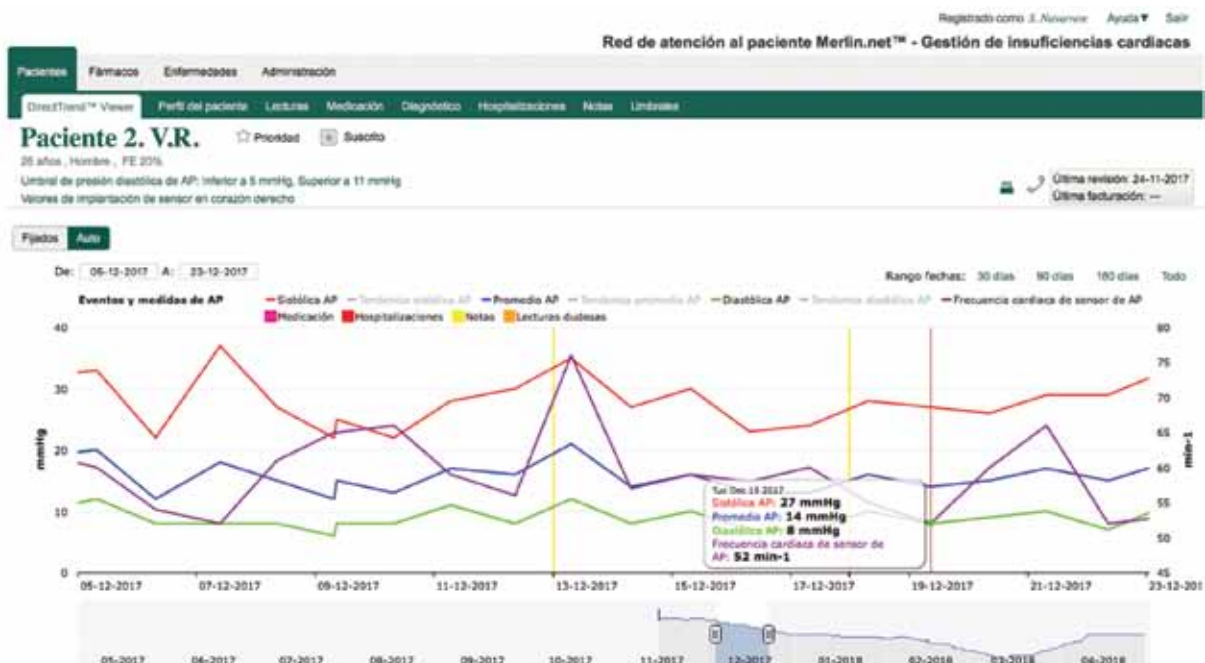


**Figura 7.** Se muestran los parámetros de medición del paciente 2 antes del ajuste farmacológico, se observa que la frecuencia cardíaca por fuera de metas >70 lpm.

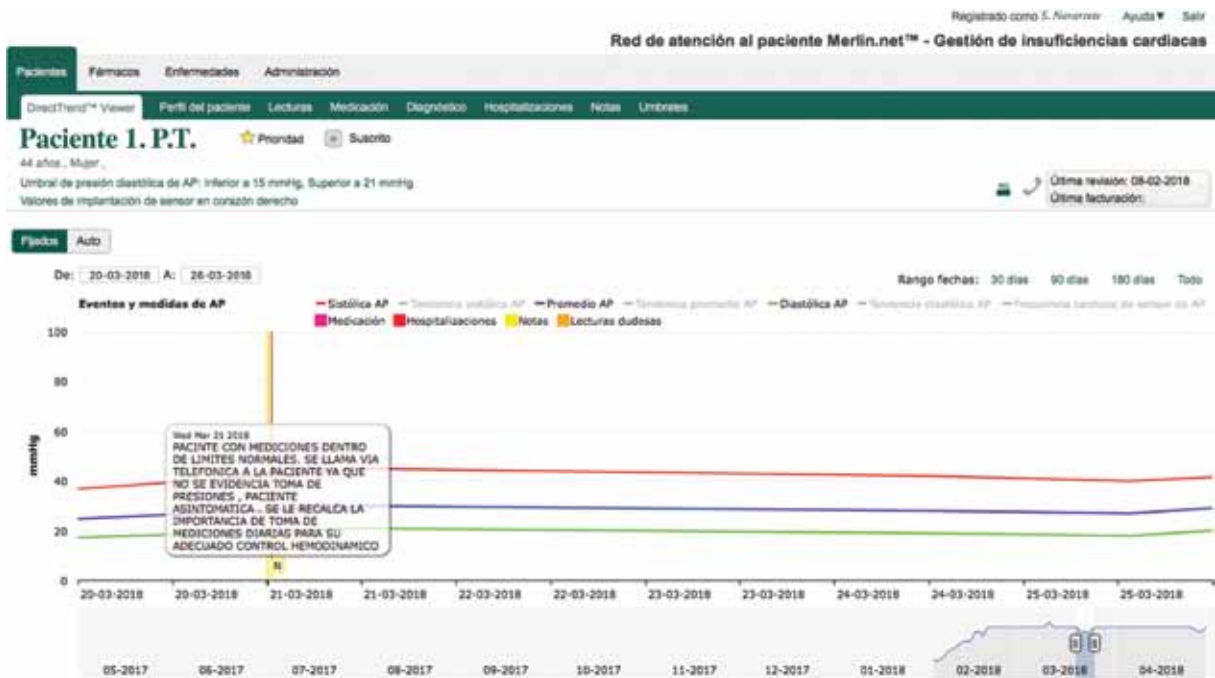
pectos educativos por parte del profesional encargado del seguimiento telefónico y de la enfermera en jefe de la clínica de IC, y además se procedió a realizar un ajuste de la dosis del beta bloqueante, lográndose un control cronotrópico con una adecuada modulación de la FC (Figura 8).

La paciente número 1 no ha necesitado ajustes farmacológicos adicionales, no obstante, nos permite mostrar como el sistema de monitoreo inalámbrico es una herramienta que ayuda además al seguimiento clínico. En la clínica de IC se observa que la paciente no había

realizado la transmisión de los datos correspondientes en las últimas 48 horas, por lo que fue contactada telefónicamente, primero a ella y al no recibir respuesta, se localizó a su hijo, actividad realizada por la enfermera en jefe del programa, verificando el estado clínico de la paciente, la adherencia a la terapia farmacológica y no farmacológica, aprovechando además el contacto telefónico para continuar con el proceso educativo y de concientización sobre los beneficios de cumplir las indicaciones médicas, lo cual quedó constatado en la nota de seguimiento efectuada en esa fecha (Figura 9).



**Figura 8.** Posterior a realizar el ajuste farmacológico aumentando la dosis del beta bloqueantes, permaneciendo con frecuencias dentro de las metas objetivo <70 lpm. La menor frecuencia cardíaca obtenida fue de 52 lpm en paciente asintomático.



**Figura 9.** Registro de seguimiento en paciente que no había realizado las mediciones correspondientes, se realiza el contacto telefónico y se efectúa la nota de registro correspondiente, enfatizando la necesidad del cumplimiento de las pautas terapéuticas.

Hasta el momento, la experiencia del monitoreo de la medición de la PAP ha sido satisfactoria, no presentándose complicaciones relacionadas con el procedimiento. Los pacientes han tenido adherencia a las pautas de medición y se ha logrado establecer una adecuada comunicación para realizar los ajustes requeridos. Desde el punto de vista clínico, los pacientes han permanecido con los signos y síntomas controlados, y no se han presentado nuevas hospitalizaciones, además de permitir el proceso educativo para el paciente y el cuidador.

## Discusión

El monitoreo ambulatorio de los parámetros hemodinámicos de las PAP en forma inalámbrica es una novedosa herramienta, que ha permitido no sólo realizar una detección temprana de las descompensaciones, sino también, guiar la terapia con parámetros objetivos en los pacientes con IC. Los estudios pivotaes muestran que este tipo de tecnologías se traducen en un beneficio clínico para los pacientes, al reducir descompensaciones y mejorar calidad de vida<sup>5,9</sup>. Los meta-análisis evidencian que los programas de atención de pacientes con IC respaldados por telemonitoreo no sólo son efectivos, sino también económicamente ventajosos<sup>16</sup>. Este tipo de atención ha permitido que el paciente permaneciera en su casa con menos hospitalizaciones, especialmente cuando existen barreras geográficas, permitiendo optimizar las condiciones de seguridad y bienestar de los pacientes. El telemonitoreo en pacientes con IC es un reto para la asistencia sanitaria y consideramos que se debe buscar un equilibrio entre alta tecnología, costos y calidad de

la atención en salud. Finalmente, con este documento compartimos las primeras experiencias de implante del dispositivo para medición inalámbrica de PAP en Latinoamérica en tres pacientes adecuadamente seleccionados posterior a su aprobación para uso clínico. También se describen los procesos y fases llevados a cabo para obtener mediciones confiables. La experiencia ha sido satisfactoria, ya que no se han presentado complicaciones, se ha logrado una adherencia por parte de los pacientes, se han realizado ajustes farmacológicos de manera temprana y fácil, permitiendo continuar con el programa de educación para pacientes y sus cuidadores. Finalmente, se pone en evidencia la viabilidad de la implementación de estas nuevas herramientas tecnológicas en nuestra región. Se ha continuado con el seguimiento estrecho de los pacientes para lograr tener resultados similares a los estudios pivotaes. Es importante tener un criterio muy estricto en la selección de los pacientes que potencialmente se puedan beneficiar de esta nueva herramienta de monitoreo en IC para tener nuestras propia casuística y resultados, y poder ser evaluarlos en la práctica clínica real.

## Conclusión

Los próximos años se caracterizarán por desarrollos tecnológicos que influirán en la forma en que se prestan servicios sanitarios, existiendo una absoluta necesidad de reconocer cuáles de ellos son aplicables en nuestra región. Compartimos nuestra experiencia con los primeros implantes de dispositivo de monitoreo inalámbrico de la presión pulmonar ya para uso clínico en Latinoamérica,

describimos la gestión clínica realizada y los beneficios que observamos a tres pacientes que cumplían los criterios de selección. Finalmente, alentamos la investigación con el uso de este sistema de telemonitoreo.

## Responsabilidades

Los autores poseen acceso completo a los datos y toman la responsabilidad de su integridad. Todos los autores han leído y acuerdan con el manuscrito reportado.

## Recursos financieros

Los autores no recibieron ningún apoyo económico para la investigación.

## Conflicto de intereses

El Dr. Solón Navarrete Hurtado manifiesta recibir honorarios por parte de St. Jude Medical, Medtronic y Boston Scientific.

Los demás autores declararon no tener conflicto de intereses.

## Referencias bibliográficas

1. Ambrosy AP, Fonarow GC, Butler J, Chioncel O, Greene SJ, Vaduganathan M, et al. The global health and economic burden of hospitalizations for heart failure: lessons learned from hospitalized heart failure registries. *J Am Coll Cardiol* 2014;63(12):1123-33.
2. Gheorghiade M, Vaduganathan M, Fonarow GC, Bonow RO. Rehospitalization for heart failure: problems and perspectives. *J Am Coll Cardiol* 2013;61(4):391-403.
3. Zile MR, Bennett TD, St John Sutton M, Cho YK, Adamson PB, Aaron MF, et al. Transition from chronic compensated to acute decompensated heart failure: pathophysiological insights obtained from continuous monitoring of intracardiac pressures. *Circulation* 2008;118(14):1433-41.
4. Abraham WT, Adamson PB, Bourge RC, Aaron MF, Costanzo MR, Stevenson LW, et al. Wireless pulmonary artery haemodynamic monitoring in chronic heart failure: a randomised controlled trial. *Lancet* (London, England) 2011;377(9766):658-66.
5. Abraham WT, Stevenson LW, Bourge RC, Lindenfeld JA, Bauman JG, Adamson PB. Sustained efficacy of pulmonary artery pressure to guide adjustment of chronic heart failure therapy: complete follow-up results from the CHAMPION randomised trial. *Lancet* (London, England) 2016;387(10017):453-61.
6. Lobo Márquez LL, Bevacqua RJ. Nuevos dispositivos implantables para el manejo cardiovascular y especialmente para insuficiencia cardíaca. *Insuf Card* 2014;9(4): 164-183.
7. Drazner MH, Rame JE, Stevenson LW, Dries DL. Prognostic importance of elevated jugular venous pressure and a third heart sound in patients with heart failure. *N Engl J Med* 2001;345(8):574-81.
8. Abraham WT, Stough WG, Pina IL, Linde C, Borer JS, De Ferrari GM, et al. Trials of implantable monitoring devices in heart failure: which design is optimal? *Nat Rev Cardiol* 2014;11(10):576-85.
9. Costanzo MR, Stevenson LW, Adamson PB, Desai AS, Heywood JT, Bourge RC, et al. Interventions Linked to Decreased Heart Failure Hospitalizations During Ambulatory Pulmonary Artery Pressure Monitoring. *JACC Heart Fail* 2016;4(5):333-44.
10. Concepción R, Alcaíno M, Deck C, Alfaro M, Castro PF, Perrone SV. Primer implante de sensor inalámbrico HeartSure® para monitoreo de presiones en arteria pulmonar de pacientes con insuficiencia cardíaca. *Insuf Card* 2006;1(1):56-57.
11. Banega R. Revolucionando el tratamiento de la insuficiencia cardíaca. Descubriendo CardioMEMS. *Insuf Card* 2015; 10 (3): 141-148.
12. Sandhu AT, Goldhaber-Fiebert JD, Owens DK, Turakhia MP, Kaiser DW, Heidenreich PA. Cost-Effectiveness of Implantable Pulmonary Artery Pressure Monitoring in Chronic Heart Failure. *JACC Heart Fail* 2016;4(5):368-75.
13. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JGF, Coats AJS, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution. *Eur J Heart Fail* 2016;18(8):891-975.
14. Verdejo HE, Castro PF, Concepcion R, Ferrada MA, Alfaro MA, Alcaíno ME, et al. Comparison of a radiofrequency-based wireless pressure sensor to swan-ganz catheter and echocardiography for ambulatory assessment of pulmonary artery pressure in heart failure. *J Am Coll Cardiol* 2007;50(25):2375-82.
15. Shavelle D, Jermyn R. The CardioMEMS Heart Failure Sensor: A Procedural Guide for Implanting Physicians. *J Invasive Cardiol* 2016;28(7):273-9.
16. Klersy C, De Silvestri A, Gabutti G, Regoli F, Auricchio A. A meta-analysis of remote monitoring of heart failure patients. *J Am Coll Cardiol* 2009;54(18):1683-94.