

Optimización *Doppler* con inteligencia artificial o con algoritmos solitarios

Elibeth Aguilar¹
Patricia Restrepo²
María Cristina Villamizar³ 

Correspondencia

Elibeth Aguilar
Elibethaguilar@gmail.com

¹Ultrasound Clinical Education Department. PHILIPS Latam.

²Clínica Las Américas AUNA, Medellín, Colombia.

³Sonografista Cardíaca Registrada, RCS.

Recibido: 25/01/2023

Aceptado: 21/02/2023

Publicado: 30/04/2023

Citar como: Aguilar E, Restrepo P, Villamizar MC. Optimización *Doppler* con Inteligencia Artificial o con algoritmos solitarios. Rev Ecocardiogr Pract Otras Tec Imag Card (RETIC). 2023 Abr; 6 (1): 71-74. doi: <https://doi.org/10.37615/retic.v6n1a16>.

Cite this as: Aguilar E, Restrepo P, Villamizar MC. *Doppler optimization with Artificial Intelligence or solitary algorithms*. Rev Ecocardiogr Pract Otras Tec Imag Card (RETIC). 2023 Apr; 6 (1): 71-74. doi: <https://doi.org/10.37615/retic.v6n1a16>.

Palabras clave

- ▷ *Doppler*.
- ▷ Controles de ultrasonido.
- ▷ Algoritmos.
- ▷ Inteligencia Artificial.

Keywords

- ▷ *Doppler*.
- ▷ *Knobology*.
- ▷ *Algorithms*.
- ▷ *Artificial Intelligence*.

RESUMEN

Se describe la importancia de algunos de los controles del equipo de ultrasonido y el impacto en la optimización de la imagen *Doppler* en sus diversas presentaciones. Se dan algunas recomendaciones operativas y se analiza cuáles de ellas podrían tener intervención de la Inteligencia Artificial (IA) o algoritmos solitarios.

ABSTRACT

The importance of some of the controls of ultrasound equipment and their impact on the optimization of the *Doppler* image in its various presentations is described. Some operational tips are given, and it is analyzed which of them could have Artificial Intelligence (AI) intervention or solitary algorithms.

Introducción

La mayoría de los sonografistas cardiovasculares no médicos (SCVNM) poseen un amplio conocimiento de los principios básicos de la física del sonido y de su expresión en los botones de la máquina. El SCVNM sabe que de eso depende la calidad de las imágenes que obtienen y la información diagnóstica. No obstante, la mayoría de los operadores al momento particular de optimizar el *Doppler* sólo consiguen modificar un máximo de dos controles. En el siguiente apartado se presentan algunos controles *Doppler* de suma importancia, y se explica cuáles de ellos aún no pueden ser modificados por medio de IA y son responsabilidad exclusiva del SCVNM como operador.

Optimización *Doppler* básica

Si bien la técnica *Doppler* se aplica a diversas opciones como: Pulsado, Continuo, tisular, de amplitud, color y otros; las siguientes recomendaciones de optimización están dirigidas al operador para que cuando esté realizando

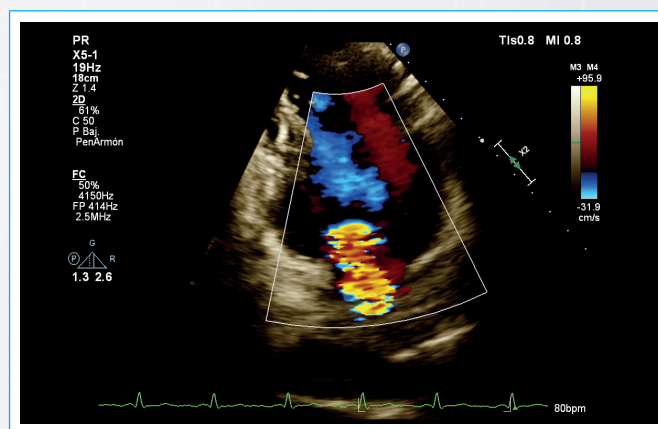


Figura 2. Cambio manual de la escala para realizar medida de PISA. Este cambio se puede hacer por medio de un preset predeterminado o manualmente pero aún no por medio de IA o algoritmos de optimización. La velocidad inferior de la escala del color preferiblemente debe estar a 40 cm/s. (o cercana a 30), buscando que la forma de la aceleración proximal tenga bordes lo más definidos posibles y la mejor forma de hemisfera.

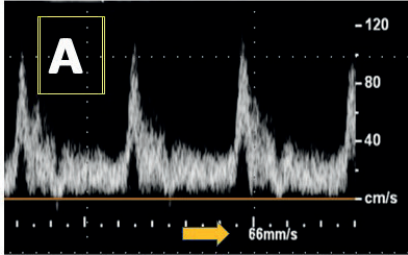
el estudio en vivo, pueda utilizarlas ya sea manualmente (moviendo cada perilla), automáticamente (por medio de botones de optimización en bloque) o aplicando funciones de IA en el equipo (sistemas que mimetizan la inteligencia humana). Los algoritmos de optimización que realizan operaciones *off-line* por medio de estaciones de trabajo no serán objeto de esta revisión.

Los SCVNM's tienen la labor de interrogar estructuras, y de esa forma obtener imágenes realistas y estéticas que aporten al diagnóstico. Esto cobra más importancia cuando usan el *Doppler*, de naturaleza muy dinámica, que requiere estar optimizado y ajustado según el vaso a interrogar. Los controles *Doppler* que se analizan a continuación se deben de modificar frecuentemente (ver Figuras 1-5; Videos 1-3).

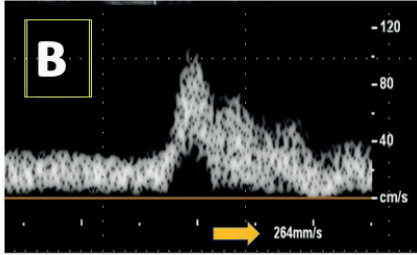
Tipo de control y recomendaciones.

Velocidad de Barrido

Ajústela: A 100 mm/s, o según FC.
Muestre idealmente 2 o 3 registros en cada barrido.
Aumentela cuando deba medir con precisión: Tiempo, VTI y pendientes.
A 25 mm/s para evaluar variabilidad respiratoria.
En caso de Fibrilación auricular y arritmias, promedie de 5 a 10 latidos preferiblemente similares. (50 a 100 mm/s)



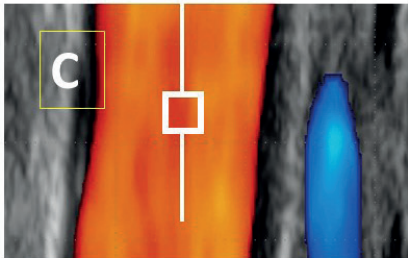
A



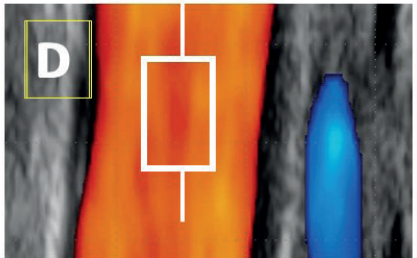
B

Tamaño y colocación del volumen muestra.

Este botón es usado para disminuir el ruido dentro de la ventana espectral con el fin de mostrar la señal Doppler más clara. El tamaño depende de la estructura a evaluar.
Si es muy grande: tendrá ruido y será difícil distinguir un flujo laminar de turbulento.
Para las estructuras valvulares es recomendable de 1 a 2 mm, mientras que para venas pulmonares y hepáticas, es de 2 a 5 mm.



C



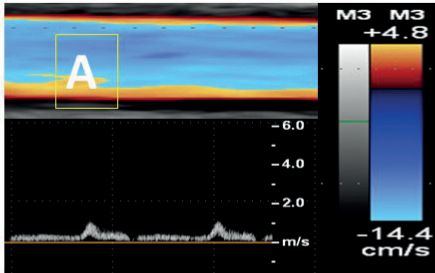
D

Figura 1. Velocidad de Barrido A: Reducida; B: Aumentada. **Volumen de Muestra** A: Reducido, B: Aumentado. Estos controles pueden ser ajustados por algoritmos simples que poseen diversos nombres según la casa comercial. **VTI: Integral tiempo velocidad.**

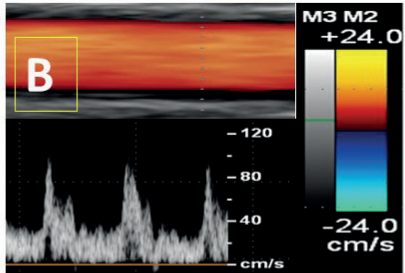
Tipo de control y recomendaciones.

Escala de Velocidad
A fin de evitar el aliasing.

Imagen A: Representación del color con aliasing, la escala de velocidad reducida por medio de la línea de base del color y el espectro Doppler reducido.
Imagen B: Representación de un color, espectro y escala adecuados



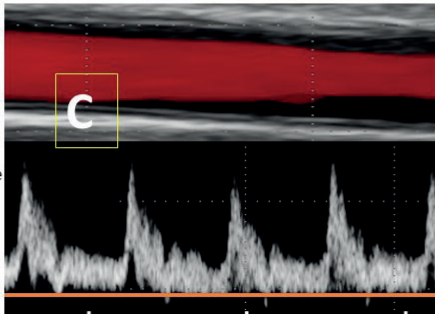
A



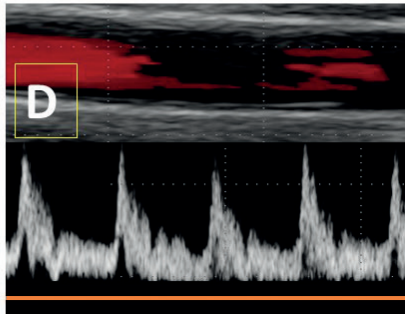
B

Filtro de pared

Permite remover señales de alta intensidad pero baja la velocidad cerca a la línea base.
Este control:
Elimina las frecuencias más bajas. Reduce el flash y el flujo bajo. El operador debe tener un equilibrio cuidadoso entre el filtrado y la pérdida de información para el diagnóstico.



C



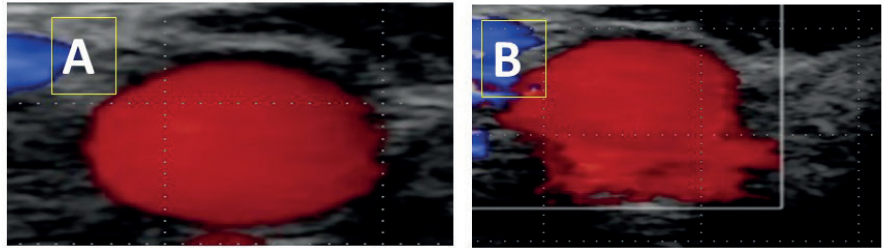
D

Figura 3. Escala de Velocidad. A: Cambio de la línea de base del color con reducción significativa del espectro *Doppler*. B: Ajuste de la línea de base del color y ajuste de la señal *Doppler*. **Filtro de pared:** C: Disminuido con llenado adecuado del vaso interrogado y de la señal *Doppler*; D: Aumentado con pérdida de la señal en el color y la señal *Doppler*.

Tipo de control y recomendaciones.

Ganancia

La ganancia se ajusta para demostrar la señal Doppler más clara. La señal óptima debe mostrar una curva suave. La velocidad modal (porción mas densa de la señal Doppler) es la velocidad que se mide.
La ganancia debe ajustarse de acuerdo con el nivel de ruido tanto para Doppler color como para Doppler espectral.



El Doppler tisular.

Detecta muy bajas velocidades (<20 cm/s) a muy alta amplitud (>40dB). Se recomienda utilizar el preset del fabricante, con volumen muestra grande, escala de velocidad por debajo de 25 cm/s, filtro especializado, velocidad de barrido a 100 mm/s, Frame rate objetivo >100. Y medir al final de la espiración.

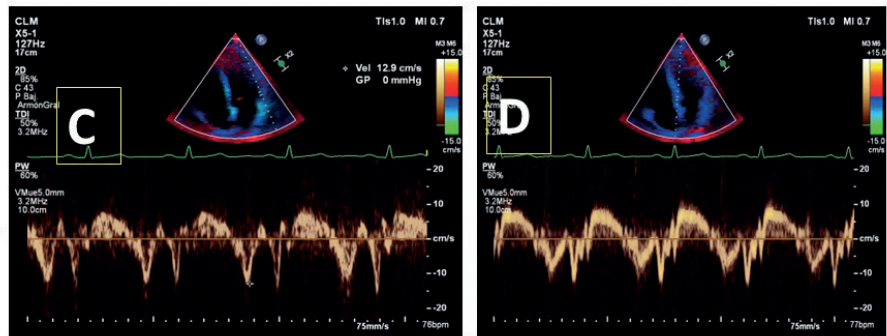


Figura 4. Ganancia: A: disminuida; B: Aumentada. **Doppler Tisular:** C: Ubicado en pared Lateral; D: Ubicado en pared septal. Los programas de optimización automática corrigen de manera extraordinaria la ganancia, el *Doppler* tisular preferiblemente requiere de un preset pre establecido.

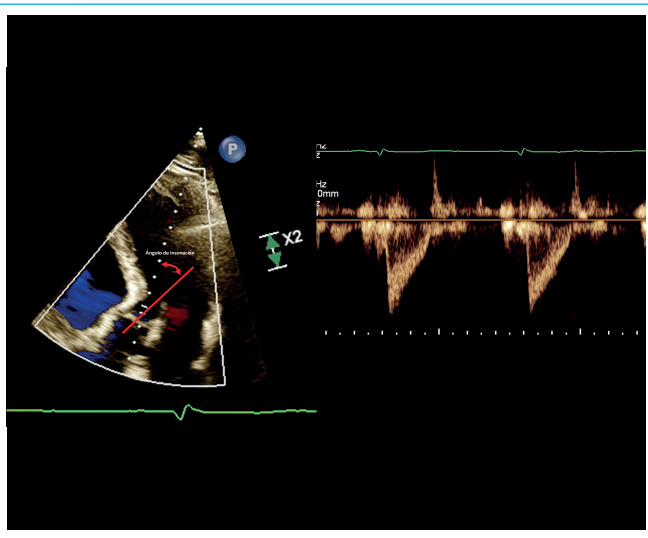
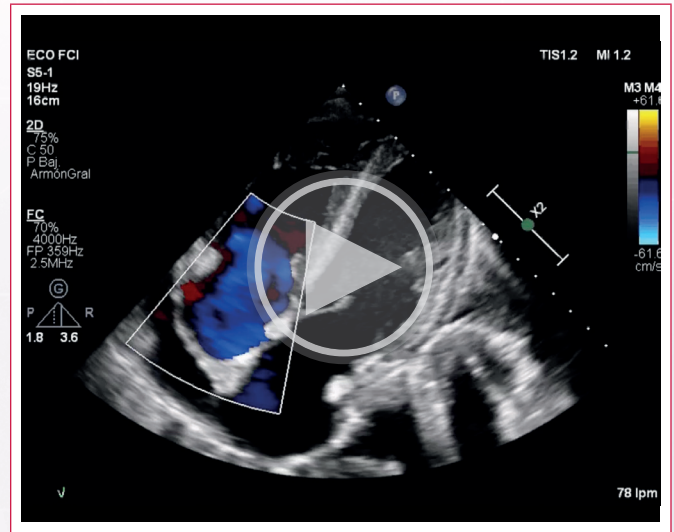
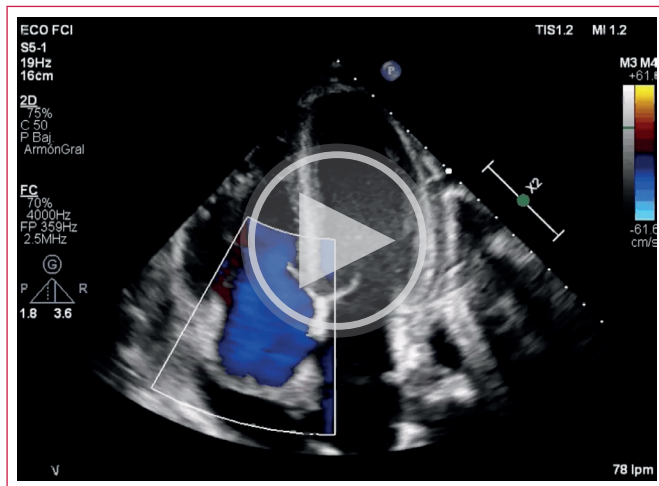


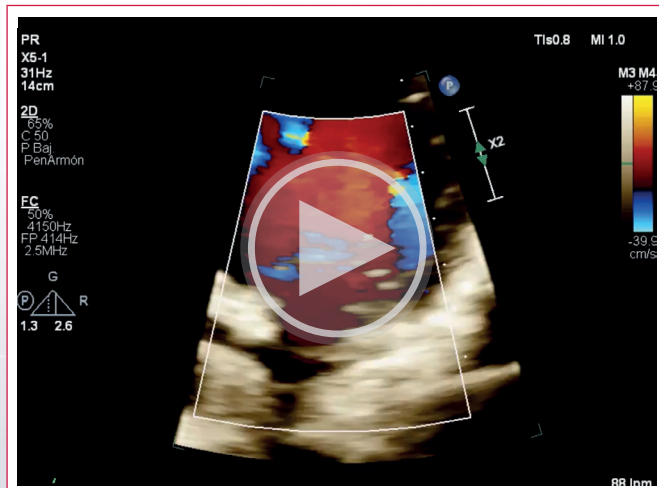
Figura 5. Doppler pulsado de la velocidad del tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI). Este trazado se registra desde una vista de cinco cámaras con la **orientación** del TSVI paralela a la línea *Doppler*. El volumen de la muestra debe colocarse justo debajo de la válvula aórtica. El trazado mostrará una señal sistólica por debajo de la línea cero (flujo que se aleja del transductor) con señales de flujo laminar (espectro bien definido en su interior con una zona externa bien marcada).



Vídeo 1. Muestra de alineación inadecuada. Imagen 2D vs el volumen de muestra del color, la cual despliega una señal *Doppler* color disminuida, Las imágenes *Doppler* están limitadas direccionalmente. El desplazamiento *Doppler* máximo se detecta cuando el haz de ultrasonido es paralelo al flujo. En algunas oportunidades, según la ventana del paciente, será necesario salir del eje para alinear la imagen en el ángulo correcto, esta acción queda bajo la responsabilidad del SCVNM.



Vídeo 2. Muestra de alineación adecuada. La Imagen 2D vs el volumen de muestra del color ajustada. En Ultrasonido cardíaco el haz de ultrasonido debe estar completamente paralelo al flujo, lo que hace que se pueda apreciar mejor el *Doppler* color. Esta acción queda bajo la responsabilidad del SCVNM.



Vídeo 3. Cambio de la línea de base del color a fin de modificar la escala de velocidad al momento de medir PISA. Esta acción queda bajo la responsabilidad del SCVNM. La velocidad inferior de la escala del color preferiblemente debe estar a 40 cm/s. (o cercana a 30), buscando que la forma de la aceleración proximal tenga bordes lo más definidos posibles y la mejor forma de hemisfera.

¿IA para optimización *Doppler*?

Para la técnica *Doppler* hay programas de IA que están teniendo mucho éxito en el despliegue de medidas automáticas, incluso hay desarrollos prometedores que sin grandes recursos computacionales están haciendo detecciones por *Doppler* color. Estos sistemas de procesamiento "aprenden" con el tiempo, reabsorbiendo los resultados de interacciones anteriores y pueden funcionar con base en las probabilidades estadísticas, siendo de gran ayuda a los operadores con menos experiencia.

Por otro lado, existe una tecnología que funciona sin inteligencia artificial, sino con algoritmos solitarios. Los mismos son aquellos que proporcionan optimizaciones automáticas en muchos equipos, tales como: modificar el ángulo, la dirección del flujo, la ganancia y la escala, por medio de una optimización automática o equalización de señales (distribución de intensidad de los píxeles). Estos controles de optimización proporcionan una mejor señal *Doppler*, pero dichos algoritmos no se consideran IA, ya que dicha tecnología no tiene la capacidad de aprender por sí misma y/o predecir resultados.

Ideas para recordar

- Existen algoritmos que optimizan el espectro *Doppler* por medio de la equalización de señales, los cuales no son IA.
- La imagen *Doppler* en color es una dirección de aplicación prometedora que se beneficiaría del uso de la IA.
- La IA es fundamental para el futuro de la ecocardiografía, lo cual no significa que sustituirá al SCVNM.

Bibliografía

1. Horton KD, Meece RW and Hill JC. Assessment of the Right Ventricle by Echocardiography: A Primer for Cardiac Sonographers. *J Am Soc Echocardiogr* 2009; 22:776-792.
2. Lammers AE, Haworth SG, Riley G, Maslin K, Diller GP, Marek J. Value of Tissue Doppler Echocardiography in Children with Pulmonary Hypertension. *J Am Soc Echocardiogr* 2012; 25:504-10.
3. Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, Byrd BF, Dokainish H et al. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2016; 29:277-314.