



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**Instituto Nacional de Perinatología
Isidro Espinosa de los Reyes**

**CURVA DE APRENDIZAJE SUMA ACUMULATIVA (CUSUM) PARA LA
ADQUISICION DE VOLUMENES CARDIACOS FETALES CON
CORRELACION ESPACIO TEMPORAL DE IMÁGENES (STIC) ENTRE
LAS 18-37 SEMANAS DE GESTACION**

T E S I S

Que para obtener el título de:

ESPECIALISTA EN MEDICINA MATERNO FETAL

PRESENTA:

DRA. WENDY KARINA CÁRCAMO MADRID

DR. MARIO E. GUZMÁN HUERTA
JEFE DE DEPARTAMENTO MEDICINA MATERNO FETAL
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE ESPECIALIZACIÓN

DRA. LISBETH LUCÍA CAMARGO MARÍN
MÉDICO ADSCRITO DEPARTAMENTO DE MEDICINA MATERNO FETAL
DIRECTORA DE TESIS

MÉXICO, DF. 2012



INPer



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AUTORIZACIÓN DE TESIS

**CURVA DE APRENDIZAJE SUMA ACUMULATIVA (CUSUM) PARA LA
ADQUISICION DE VOLUMENES CARDIACOS FETALES CON
CORRELACION ESPACIO TEMPORAL DE IMÁGENES (STIC) ENTRE
LAS 18-37 SEMANAS DE GESTACION**

DRA. VIRIDIANA GORBEA CHÁVEZ

Directora de Enseñanza

Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes

DR. MARIO E. GUZMÁN HUERTA

Jefe del Departamento de Medicina Materno Fetal

Profesor Titular del Curso de Especialización en Medicina Materno Fetal

Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes

DRA. LISBETH LUCÍA CAMARGO MARÍN

Directora de Tesis

Médico Adscrito al Departamento de Medicina Materno Fetal

Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes

DEDICATORIA

A...

DIOS por su fidelidad en todo tiempo, por demostrarme que cuando más sola me he sentido más cerca ha estado de mí.

Por organizar todo y enseñarme que tiene un plan perfecto en mi vida, que con cada experiencia vivida, por difícil que sea, un aprendizaje viene consigo, porque aún cuando no eh entendido el porqué, **ÉL** me ha enseñado a tener la confianza que algo bueno viene después.

A mi Familia

AGRADECIMIENTOS

A MI FAMILIA:

MAMI, PAPI, ALEX, NORRY, YANY Y EDWING,

Por creer y ser cómplices de este sueño, por NO DUDAR NUNCA que podía hacerlo. Por tener siempre la dedicación y el tiempo al cuidado de mi, vida y a pesar de la distancia demostrarme que de lejos o de cerca el amor, la confianza y la seguridad siempre es la misma.

Porque a pesar que en ocasiones pensé no poder... , se adelantaron a CREER y me transmitieron siempre esa paz y tranquilidad de que todo iba a estar bien.....

Por ser lo que son; mi mayor premio... mi maravillosa familia!!!!!!

A MIS AMIGOS

En mi tierra, por seguir mi sueño y estar siempre presentes, y por supuesto a mis amigos, hermanos en México, por ser la mejor bendición!!! porque han estado conmigo viviendo de cerca cada momento de alegría , de dificultades, por tenerme paciencia, por enseñarme y ayudarme en todo momento por ser incondicionales y aceptarme como soy..... y sobre todo por demostrarme que la amistad no tiene banderas ni fronteras.

A MIS PROFESORES

Por ser parte de mi formación, por hacerme crecer en carácter, determinación y por enseñarme no solo lo académico sino lecciones de vida por enseñarme a entender que nunca es suficiente, que siempre se puede ser mejor, que aunque no entendamos el método.... al final de veras que funciona.

INDICE

Resumen	1
Abstract	3
Introducción	5
Materiales y Métodos	9
Resultados	12
Discusión	15
Referencias Bibliográficas	22
Cuadros	26
Figuras	28

RESUMEN

Objetivo: Realizar una curva de aprendizaje para la adquisición de volúmenes cardiacos fetales con correlación espacio temporal de imágenes (STIC) en embarazos entre 18 y 37 semanas de gestación aplicando la técnica de gráficos de suma acumulada (CUSUM), en la Clínica de ecocardiografía fetal de la Unidad de Investigación de Medicina Fetal del Departamento de Medicina Materno Fetal del Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes.

Materiales y métodos: El estudio se realizó en la clínica de ecocardiografía fetal de la Unidad de Investigación de Medicina Fetal (UNIMEF) del Departamento de Medicina Materno Fetal del Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes en Junio y Julio 2011. Se realizó la curva de aprendizaje en tres operadores con un entrenamiento básico de un año en la evaluación ultrasonográfica fetal. Se realizó la adquisición de volúmenes cardiacos, previo consentimiento informado a las pacientes embarazadas con feto único vivo entre 18 y 37 semanas de gestación. La adquisición del volumen se realizó en un equipo VOLUSON E8 EXPERT, (GE8 (C2D-4C-D)). La maniobra para la adquisición fue explicada a cada operador y la evaluación fue realizada por un experto en evaluación cardiaca fetal. Finalmente se graficó la curva de aprendizaje CUSUM de cada operador para determinar el número de procedimientos necesarios, para considerarse en control de la técnica. Se utiliza Microsoft Office Excel 2007 para el análisis del CUSUM.

Resultados: Se evaluó un total de 102 pacientes que cumplieron con los criterios de selección. Se evaluó un total de 217 volúmenes cardiacos, de los cuales 119

corresponden a volúmenes en escala de grises y 98 a volúmenes con Doppler color. Los volúmenes cardiacos en escala de grises se clasificaron en adecuados e inadecuados, 95/119 y 24/119 respectivamente, y los realizados con Doppler color 63/98 como adecuados y 35/98 como inadecuados, estos volúmenes fueron adquiridos por los tres operadores que realizaron la curva de aprendizaje. En la técnica con escala de grises se necesitó como mínimo 28 volúmenes para considerarse en control, y para Doppler color se necesitaron 25 volúmenes.

Conclusiones: Para la realización de la curva de aprendizaje para la adquisición de volúmenes cardiacos fetales con correlación espacio temporal de imágenes (STIC) un médico residente con entrenamiento básico en evaluación ultrasonográfica fetal necesita como mínimo adquirir 28 volúmenes y como máximo 34 en gris para considerarse en competencia, así mismo se concluye que se necesita un mínimo de 25 volúmenes y un máximo de 28 en Doppler color. La herramienta suma acumulativa (CUSUM) demostró ser una herramienta útil, práctica, factible y precisa para demostrar el desempeño en el aprendizaje para adquisición de volúmenes cardiacos fetales.

PALABRAS CLAVE: Curva de aprendizaje, volúmenes cardiacos fetales, Correlación espacio temporal de imágenes

ABREVIACIONES: CUSUM: Cumulative Sum (suma acumulativa); STIC: Correlación espacio temporal de imágenes; DCC: Defecto cardiaco congénito.

ABSTRACT

Objective: To build a learning curve for the acquisition of fetal cardiac volumes with spatio-temporal image correlation (STIC) in pregnancies between 18 and 37 weeks of gestation using the technique of cumulative sum charts (CUSUM) in the Fetal Echocardiography Clinic at Fetal Medicine Research Unit in the National Institute of Perinatal Medicine Isidro Espinosa de los Reyes.

Materials and methods: The study was conducted at the fetal echocardiography clinic at Fetal Medicine Research Unit in the National Institute of Perinatal Medicine between June and July of 2011. We evaluate the learning curve of three operators with basic training a year in the fetal ultrasound evaluation. Patients were asked to signed informed consent prior to ultrasonographic evaluation and the acquisition of cardiac in live singleton pregnancies between 18 and 37 weeks of gestation. The volume acquisition was performed on a Voluson E8 EXPERT (GE8 (C2D-4C-D)). The technique to the acquisition was explained to each operator and the evaluation was done by an expert in fetal cardiac evaluation. Finally, we plotted the CUSUM learning curve of each operator to determine the number of procedures needed to be considered in control of the art. We used Microsoft Office Excel 2007 for analysis of the CUSUM.

Results: We evaluated a total of 102 patients who met the selection criteria. We evaluated a total of 217 cardiac volumes, 119 correspond to grayscale volumes and 98 volumes with color Doppler. The cardiac volumes in grayscale were classified into appropriate and inappropriate, 95/119 and 24/119 respectively, and color Doppler 63/98 as adequate and 35/98 as inadequate, these volumes were acquired by the three operators. In the gray-scale technique 28 volumes were needed to considerate it

technique control, and color Doppler require 25 volumes.

Conclusions: a resident doctor with basic training in fetal ultrasound evaluation requires a minimum of 28 volumes and a maximum of 34 in the grayscale to be considered in competition for the acquisition of fetal cardiac volumes with spatio-temporal image correlation (STIC), likewise concluded that requires a minimum of 25 volumes and up to 28 in color Doppler technique. The cumulative sum charts (CUSUM) were proved a useful, practical, feasible and accurate to demonstrate the performance of learning for the acquisition of fetal cardiac volumes.

KEY WORDS: Learning curve, fetal cardiac volumes, spatio-temporal image correlation (STIC).

ABBREVIATIONS: CUSUM: Cumulative Sum (cumulative sum) STIC: spatio-temporal image correlation; DCC: congenital heart defect.

INTRODUCCION

Los defectos cardiacos congénitos (DCC) ocurren con una incidencia estimada de 4-10 por 1000 nacidos vivo¹. Más del 80% de los casos son hijos de madres sin factores de riesgo identificables, estos factores de riesgo sólo se están presentes en un bajo porcentaje de los recién nacidos con DCC.^{2,3} Las cardiopatías congénitas (CC) en México son la tercera causa de muerte en niños menores de un año y la sexta en niños de tres años de edad.⁴ Datos de la OMS indican que el 42% de las muertes en infantes son atribuibles a defectos cardiacos³. El 1% de los nacidos vivos presentan (DCC)⁵, de los cuales al menos la mitad presentan defectos cardiacos mayores (requieren cirugía postnatal correctiva o paliativa en el primer año de vida).

En general, de las 18 a las 22 semanas de gestación (SDG), es el momento ideal para la evaluación cardiaca fetal⁶, y la posibilidad de ofrecer un diagnóstico prenatal temprano es la base filosófica del tamizaje de los (DCC) en el primer y segundo trimestre del embarazo. Se ha reportado que la ecocardiografía fetal con 2D tiene una sensibilidad hasta del 96% demostrando ser una herramienta útil en el diagnóstico de cardiopatías congénitas cuando se realiza por manos expertas y se ha reportado una concordancia entre el diagnóstico prenatal y postnatal en fetos con DCC complejos del 59% de los casos cuando fueron realizados por un obstetra, y del 95% cuando se realizo por un cardiólogo pediatra⁷.

Con la adición de la visualización de los tractos de salida se ha mejorado la capacidad diagnóstica. Anandakumar C. y colaboradores en 2002 reportaron una sensibilidad del 94%, especificidad de 99% de la evaluación cardiaca fetal mediante vista de 4 cámaras

y tractos de salida, sin hacer referencia a los valores predictivos.^{8,9} Pero se debe tener presente que la mayoría de estas patologías se presentan en hijos de madres sin factores de riesgo y que estas generalmente no tienen acceso a este tipo de evaluación, ya que la evaluación por este tipo de profesional se reserva a población de alto riesgo, quedando un gran número de fetos sin diagnóstico y vigilancia oportuno.

En las últimas décadas el uso de nuevas herramientas viene a revolucionar la evaluación cardíaca fetal haciendo uso de la ecografía 3D, esto gracias a la correlación espacio-temporal de imágenes (STIC por sus siglas en inglés, *Spatio-Temporal Image Correlation*), la cual es una nueva técnica que permite la adquisición de volumen del corazón fetal y la visualización de las estructuras cardíacas como una secuencia de cine en 4D, conteniendo información de un ciclo cardíaco completo hipotético.¹⁰ La evaluación ecocardiográfica fetal con volúmenes adquiridos con STIC proporciona algunas ventajas, como requerir solamente de la capacitación para la adquisición de los volúmenes y tener la habilidad de realizar un corte de 4 cámaras adecuado, además su evaluación puede hacerse en forma diferida e incluso a distancia por un experto disminuyendo con esto la dependencia del operador. Al momento de realizar la evaluación diferida las imágenes también pueden manipularse de tal forma que se pueden obtener diferentes cortes para la revisión estructural.¹¹

En la actualidad la evidencia del uso de la ecocardiografía fetal con STIC demuestra que tiene buena reproducibilidad como lo reporta Gonçalves quien evaluó 69 fetos (35 normales, 16 con anomalías congénitas que no involucraban al sistema cardiovascular y 18 con anomalías cardíacas) entre 17.4 -35 semanas de gestación (SDG) para describir las técnicas de evaluación cardíaca fetal con adquisición de volúmenes con

STIC, concluyendo que el empleo de la técnica STIC permite una adecuada evaluación de la anatomía cardíaca fetal.¹² De igual manera se reporta buena capacidad de detección; Leeber Cohen y colaboradores, evidencia que el STIC mejora la capacidad de detección de anomalías cardíacas de las 18 -22 semanas de gestación.¹³

La evaluación cardíaca fetal con la técnica de STIC cuenta de dos etapas: la adquisición y el análisis del volumen, éste último puede hacerse con ayuda del equipo de ultrasonido o a través de una computadora que cuente con el software 4DView, pero se debe tener presente que el análisis del volumen depende de la calidad de la adquisición por lo que la ecocardiografía fetal con STIC para la adquisición de los volúmenes requiere la capacitación y la habilidad de realizar un corte de 4 cámaras adecuado por lo tanto es importante determinar el grado de dificultad que tiene un médico con poco entrenamiento para la toma de una imagen de cuatro cámaras .

Para determinar la competencia en esta área así como en otras áreas de la medicina con el pasar de los años se han creado métodos de control de técnicas para el aprendizaje. Recientemente estos métodos se han extendido al monitoreo de la realización de entrenamientos durante el aprendizaje de un proceso para indicar cuándo se ha alcanzado la competencia. De todos los métodos disponibles, el CUSUM ha recibido una gran atención en la literatura médica debido a su fórmula simple y a una representación muy intuitiva. Después de cada procedimiento, en la prueba CUSUM, si el procedimiento que está bajo escrutinio está “en control”, esto es si el proceso se está realizando en un nivel aceptable. Si esta hipótesis se rechaza, el proceso se dice que está “fuera de control” y una auditoría debe llevarse a cabo para determinar las razones de este desarrollo inadecuado e implementar acciones

correctivas¹⁴. En el 2008 Biau y colaboradores introdujeron una modificación en CUSUM llamado LC-CUSUM (Learning Curve-Cumulative Summation test) el cual fue diseñado específicamente para determinar en qué momento se alcanza la competencia.

La importancia de establecer una curva de aprendizaje es reducir los riesgos de los pacientes a procedimientos realizados por médicos que estén bien entrenados¹⁵. El objetivo de este estudio fue realizar la curva de aprendizaje para la adquisición de volúmenes cardiacos fetales con correlación espacio temporal de imágenes (STIC) en embarazos entre las 18-37 semanas de gestación en la Clínica de Ecocardiografía Fetal de la Unidad de Investigación de Medicina Fetal del Departamento de Medicina Materno Fetal del Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes, aplicando la técnica de gráficos de suma acumulada (CUSUM).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en la clínica de Ecocardiografía Fetal de la Unidad de Investigación de Medicina Materno Fetal (UNIMEF) de la Unidad de Medicina Fetal del Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes en los meses de Junio y Julio del 2011.

Se realizó la curva de aprendizaje en un total de tres operadores, (médicos residentes del segundo año de la especialidad de Medicina Materno Fetal) con un entrenamiento básico de un año en la evaluación ultrasonográfica fetal como parte de su formación académica. Se realizó adquisición de volúmenes cardíacos, previo consentimiento informado a las pacientes embarazadas con feto único vivo de 18 -37 semanas de gestación por fecha de última menstruación segura y confiable o por fetometría del primer trimestre que acudían a revisión estructural o vigilancia fetal. Se excluyó a las pacientes en quienes no fue posible la adquisición del volumen cardíaco fetal por mala ventana sónica, mala posición fetal y/o movimientos fetales que impedían la toma adecuada del volumen cardíaco.

La adquisición del volumen se realizó en un equipo VOLUSON E8 EXPERT, (GE8 (C2D-4C-D), y la maniobra para la adquisición fue explicada a cada operador por el experto. Se le especificó los settings bajo los cuales se debía adquirir la imagen, que son: transductor: RAB 4-8 MHz, trimestre USG Obstétrico 2-3 trimestre en la pantalla táctil, modo 2D: Fetal Cardio, profundidad 15.4 cm hasta 11.8 cm (se debía ajustar donde se visualizara la imagen más grande), dependiendo de la ventana sónica de la paciente se ajustó: Ganancia -1, frecuencia de armónicas: alta, Tejido: Adiposo u otra

opción según la paciente, se presionó el botón 3D/4D, se seleccionó STIC cardio fetal, trimestre, tiempo de adquisición: 10 seg, ángulo en el 2 trimestre: 25°, ángulo en el 3er trimestre: 30°, ventana al diámetro torácico con vista de corte de 4 cámaras. Una vez establecidos los setting, el volumen podía ser adquirido, tratando de obtener 3 imágenes de alta calidad (Figura 1).

La adquisición se tomó con la paciente en decúbito dorsal y en ausencia de movimientos respiratorios maternos y fetales, en el plano transversal de 4 cámaras cardiacas en un corte axial del tórax justo por encima del diafragma donde se visualice:

- 1) Tabique interventricular íntegro
- 2) Septum primum auricular
- 3) Vista de atrios y ventrículos sin desproporciones
- 4) Banda moderadora en ventrículo derecho,

orientación con el ápex dirigido a la parte anterior, frecuencia cardiaca fetal 120 - 160 latidos por minuto (determinar la FCF), liquido amniótico: ILA mínimo de 5 cm. Los volúmenes fueron evaluados por un médico materno fetal experto en evaluación cardiaca fetal mediante una lista de cotejo que incluía los parámetros previamente descritos y calificaba la imagen como adecuada o inadecuada (Figura 2).

Finalmente se graficó la curva de aprendizaje para determinar el número necesario de procedimientos para considerarse en control de la técnica. La curva de CUSUM en el gráfico se calcula a partir de las constantes: porcentaje de fallo aceptable (p_0) e inaceptable (p_1), probabilidad de error Tipo I y II (α y β) a partir de los cuales se calcula el valor de "s" (*valor CUSUM*) y los límites de decisión para la hipótesis nula y alternativa (h_0 y h_1) que se mantienen constantes para cualquier valor de la muestra.

Para poder establecer h_0 y h_1 como los límites de la gráfica, se tienen entonces que definir los niveles de desempeño (porcentajes de fallo aceptable e inaceptable), así como α y β . Los porcentajes de fallo se establecen de acuerdo a las características del procedimiento a evaluar.

La mayoría de los autores proponen porcentajes de fallo menores a 5% cuando el procedimiento a evaluar es invasivo. En el caso de procedimientos no invasivos como los estudios ultrasonográficos, los porcentajes varían entre 10 y 20%, en este caso se usó el 20%. Teniendo ya establecidos estos datos se procede al cálculo de “s” así como de los espacios entre las líneas de los límites aceptable e inaceptable^{16, 17, 18}

Para cada procedimiento exitoso, el valor de “s” se resta al valor del CUSUM previo y para cada fallo el valor de 1-s se suma al valor previo, por lo cual éste aumentará con los sucesivos fallos, indicando el ascenso de la curva una tendencia al fracaso y descenderá con los éxitos indicando un desempeño óptimo.

De acuerdo a los valores asignados y los resultados obtenidos, la adquisición de los volúmenes cardiacos clasificado como adecuado reflejará un decremento de 0.14 en la gráfica, mientras que un volumen clasificado como inadecuado será representado como un incremento de 0.86.¹⁹

La competencia se logrará cuando la tendencia gráfica de un médico tenga un decremento por debajo de dos líneas adyacentes calculadas como límites de la prueba. Por el contrario, la competencia se perderá cuando la tendencia gráfica de un médico ascienda nuevamente y cruce dos líneas adyacentes calculadas como límites de la prueba²⁰. Se utilizó Microsoft Office Excel 2007 para el análisis del CUSUM

RESULTADOS:

Se evaluó un total de 102 pacientes que cumplieron con los criterios de selección de la investigación cuyas características se describen en el Cuadro I. La adquisición de volúmenes cardiacos no pudo realizarse en un total de 31 pacientes quienes fueron excluidas del estudio (19 por presencia de movimientos fetales, 10 por posición fetal inadecuada y 2 por mala ventana sónica debido a obesidad materna. De las pacientes excluidas 3 fueron agrupadas entre las 18-24 semanas de gestación, 4 entre las 25-30 semanas y 24 pacientes entre las 31-37 semanas de gestación. Se evaluó un total de 119 volúmenes en escala de grises y 98 volúmenes con Doppler color, alcanzando un total de 217 volúmenes cardiacos. 51 volúmenes fueron tomados en pacientes de segundo trimestre y 63 en pacientes del tercer trimestre.

ADQUISICION DE STIC CON ESCALA DE GRISES

Un total de 119 volúmenes cardiacos en escala de grises fueron adquiridos por 3 operadores de los cuales, 95 fueron clasificados como adecuados y 24 como inadecuados. Dichos operadores fueron asignados con un número para ser identificados al momento del análisis individual.

El operador 1 adquirió 37 volúmenes cardiacos de los cuales 22 fueron adecuados y 15 fueron inadecuados, las causas más frecuentes por las que se consideraron inadecuadas fueron la falta de visualización de todas las estructuras cardiacas (10/15), posición fetal con dorso anterior (1/15) y el ajuste de setting inadecuados (4/15) que incluían ganancias y ángulo de adquisición no ajustado al trimestre de evaluación.

El operador 1 alcanzó la competencia al cumplir un total de 28 adquisiciones (*Figura 3*).

El *operador 2* adquirió 46 volúmenes cardíacos de los cuales 39 fueron adecuados y 7 fueron inadecuados siendo las causas más frecuentes por las que se consideraron inadecuadas la mala orientación del tabique y uso inapropiado de ganancias en gris (5/7), falta de visualización del ápex cardíaco y el setting de ganancias en gris (1/7) y falta de visualización del ápex cardíaco y mala ventana sónica (1/7). El *operador 2* alcanzó la competencia al cumplir 34 mediciones (Figura 4).

El *operador 3* adquirió 36 volúmenes cardíacos de los cuales 34 fueron adecuados y 2 fueron inadecuados siendo las causas más frecuentes por las que se consideraron inadecuadas mala ventana sónica y ganancias bajas (1/2), profundidad inadecuada y falta de visualización del ápex cardíaco (1/2). El *operador 3* alcanzó la competencia al cumplir 27 mediciones. (Figura 5).

Además se realizó una evaluación conjunta de los 3 operadores que fueron incluidos para la adquisición de volúmenes cardíacos para analizar las competencias de cada uno. (Figura 6)

ADQUISICION DE STIC CON DOPPLER COLOR

Un total de 98 volúmenes cardíacos en Doppler color fueron adquiridos por 3 operadores de los cuales, 63 fueron clasificados como adecuados y 35 como inadecuados. Dichos operadores fueron asignados con un número para ser identificados al momento del análisis individual que corresponde al mismo número de la curva de adquisición en gris.

El operador 1 adquirió 34 volúmenes cardíacos de los cuales 12 fueron adecuados y 22 fueron inadecuados, las causas más frecuentes por las que se consideraron inadecuadas fueron la falta de visualización de todas las estructuras cardíacas y PRF (Frecuencia de Repetición de Pulsos) (17/22), PRF y ganancias de color inadecuadas (5/22). Es importante mencionar que no alcanzó la competencia después de haber estado en el proceso aprendizaje durante el mismo periodo de tiempo que los otros dos operadores (*Figura 7*).

El operador 2 adquirió 35 volúmenes cardíacos de los cuales 28 fueron adecuados y 7 fueron inadecuados, siendo las causas más frecuentes por las que se consideraron inadecuadas fueron por PRF y ganancias inadecuadas (7/7). *El operador 2* alcanzó la competencia al completar 28 mediciones (*Figura 8*).

El operador 3 adquirió 29 volúmenes cardíacos de los cuales 23 fueron adecuados y 6 fueron inadecuados, siendo la causa más frecuente por las que se consideraron inadecuadas PRF y ganancias de color inadecuadas (6/6). *El operador 3* alcanzó la competencia al completar las 25 mediciones (*Figura 9*).

Se realizó una evaluación conjunta de los 3 operadores que fueron incluidos para la adquisición de volúmenes cardíacos para analizar las competencias de cada uno (*Figura 10*) El comportamiento general durante la realización de la curva de aprendizaje de los 3 operadores se resume en la Cuadro II.

DISCUSION

El control de calidad en medicina ha generado considerable interés en la última década para las autoridades de salud pública, médicos y pacientes. Más recientemente procedimientos de control de calidad han sido aplicados a las curvas de aprendizaje de personas en entrenamiento y son usadas para la monitorización de nuevas tecnologías innovadoras. Varios métodos pueden ser utilizados para determinar si una persona en entrenamiento ha alcanzado la competencia en el uso de una técnica nueva y determinar hasta cuando la supervisión puede ser requerida. Sin embargo, la mayoría de los métodos que se ha utilizado para la vigilancia del aprendizaje, son cualitativos y no tienen una metodología cuantitativa adecuada para indicar cuando la persona en entrenamiento ha alcanzado el nivel de competencia buscado, siendo su objetividad y reproducibilidad cuestionable.²¹

La exploración cardíaca con STIC es una técnica que ha facilitado y hecho más accesible el tamizaje y diagnóstico de los defectos cardíacos congénitos, ya que esto no depende de que el experto y/o la paciente estén presente; pero para que este experto pueda explorar el volumen cardíaco es necesario que este sea adquirido de forma adecuada a partir de un corte de cuatro cámaras, es por ello que se requiere asegurar que la persona que realiza estas adquisiciones tenga un entrenamiento y contar con una herramienta que permita evaluar de forma cuantitativa si está o no en control de la técnica a implementar.

Recientemente se cuenta con algunas referencias en cuanto al número de mediciones mínimas necesarias que se requiere para alcanzar el control o la competencia en el uso de algunas técnicas en el campo de la Medicina, tal es el caso que se menciona que un

ultrasonografista requiere por lo menos de 80 mediciones para considerar que ha alcanzado la competencia para la evaluación del ducto venoso en embarazos de 11-13.6 semanas de gestación según un estudio publicado en el 2008 por N.Maiz y col.²²

S. Cicero y cols (2003) publicaron la realización de la curva de aprendizaje para la medición hueso nasal en embarazos de las 11-14 semanas en donde se determinó que un ultrasonografista necesita por lo menos 80 mediciones para considerarse en competencia para la evaluación de hueso nasal en primer trimestre.²³

Actualmente no existen estudios que reporten cuál es el periodo de entrenamiento o el número mínimo de mediciones necesarias para considerarse competente para la adquisición de volúmenes cardiacos con STIC a partir de una imagen de cuatro cámaras, ésta información sería útil principalmente en centros de tercer nivel que brindan evaluación Materno Fetal más especializada y poder así asegurar la adecuada implementación de diversas técnicas de evaluación fetal.

La gráfica de Suma Acumulativa (CUSUM), es una curva de aprendizaje que puede proveer utilidad en este rubro ya que ésta herramienta ya ha sido utilizada de forma exitosa en otras disciplinas médicas mostrando una mayor confiabilidad¹⁷. Las graficas CUSUM empleadas en esta investigación, son una representación de la tendencia y el desenlace al medir una serie de procedimientos en un periodo de aprendizaje.^{24, 25}

Las pruebas secuenciales de este tipo tienen ventajas al ser comparadas con métodos tradicionales de análisis de resultados, como lo son la independencia del tamaño muestral, una mayor potencia para detectar cambios transitorios en las tendencias, la continuidad del análisis en el tiempo y la posibilidad de realizar una evaluación rápida de los datos^{20,25}. Por lo anterior, las curvas de aprendizaje CUSUM no solo sirven como

indicador del rendimiento satisfactorio para adquirir la habilidad clínica, sino también para evaluar la calidad del desempeño y como una medición continua de los efectos que pudieran provocar cualquier cambio en la técnica.²⁴

En nuestro estudio se encontró que el porcentaje de fallo inaceptable para la adquisición de volúmenes cardíacos con STIC en gris fue de 20%, que concuerda con lo establecido según la metodología propuesta para elaboración de esta curva, sin embargo el porcentaje de fallo inaceptable fue de 35.7% en color lo cual se traduce como un menor control de la técnica.

Al respecto, observamos que las mediciones inadecuadas casi siempre ocurrieron al inicio del proceso de obtención de los volúmenes, sin embargo llama la atención que en la adquisición de imágenes con color, el porcentaje de fallo inaceptable fue mayor que el permitido, esto agregado a que el primer operador no logró la competencia en color, después de 34 mediciones, contraponiéndose estos resultados en relación al gris ya que se alcanzó la competencia al completar 28 mediciones.

Consideramos que una probable explicación del por qué se presentó esta situación es por el hecho de que la curva de aprendizaje en color se realizó al mismo tiempo que la curva de grises, y algunas publicaciones mencionan que si la curva en gris se realiza previamente, la de color se hace más corta ya que la calidad del volumen depende tanto de la imagen en 2 D, del ángulo y el tiempo de adquisición, sin embargo también se menciona que la adquisición en color tiene la limitante de la pérdida de la señal doppler cuando el vaso es insonado de forma perpendicular al haz del ultrasonido, y que por la orientación del corazón este artefacto puede ser difícil de evitar²⁶, situaciones que son más difíciles de manejar cuando un operador aun no tiene la competencia en adquisición en grises .

Al evaluar las causas por las cuales este operador falló en las adquisiciones fue generalmente por la mala visualización de las estructuras cardíacas y hacer uso inadecuado de los settings en Doppler color (PRF inadecuadas) y la pérdida de la señal Doppler.

En relación a esto también es importante mencionar que pese que los 3 operadores eran residentes del segundo año de la Especialización de Medicina Materno Fetal, es importante destacar que el operador 1 aun no contaba con el entrenamiento en evaluación estructural fetal, mientras que los otros 2 operadores ya habían recibido dicho entrenamiento al momento de entrar a la realización de la curva de aprendizaje.

Se puede adjudicar que los fallos en la adquisición pudieron también deberse a la falta de familiarización con los aspectos técnicos del uso del equipo ultrasonográfico, lo cual condicionó que se cometieran más errores en la adquisición. Esto es trascendente, ya que la valoración ultrasonográfica es una habilidad clínica que no solo comprende experiencia en la valoración 2D, sino también ejecución correcta de los parámetros de emisión y de recepción.

Los hallazgos en los resultados de nuestro estudio nos orientan a suponer que un médico con el entrenamiento en evaluación estructural fetal necesita como mínimo 28 y como máximo 34 volúmenes adquiridos en gris y de un mínimo de 25 y un máximo de 28 en Doppler color, para considerarse en control de la técnica.

Es importante considerar también que la adquisición de cualquier imagen ultrasonográfica no está condicionada únicamente por el entrenamiento técnico, sino que puede estar influenciada por las aptitudes propias de cada operador; esto puede ser la explicación de por qué el operador 2 a pesar de contar con un año de

entrenamiento en evaluación estructural fetal, necesitó más volúmenes y más tiempo para considerarse en control.

Un dato importante reportado por nuestro estudio es que la cantidad de volúmenes adquiridos por un médico residente con poco entrenamiento en la toma de imagen de cuatro cámaras es mucho menor que la reportada para otras estructuras ya evaluadas como ser hueso nasal y ducto venoso entre otros, como ya se había mencionado previamente, sin embargo también es importante mencionar que por ejemplo las curvas de aprendizaje realizadas para ducto venoso y para hueso nasal no fueron analizadas usando la suma acumulativa (CUSUM) sino que se consideró un nivel de desempeño como aceptable después de que un número determinado de mediciones había sido completado, pero actualmente se considera que este no es un método lo suficientemente eficaz para considerarse y mantenerse en control de la técnica, ya que adquirir tal nivel de competencia puede ser variable de un individuo a otro, y que algunos individuos pueden no alcanzar la competencia independientemente del número de procedimientos realizados, por lo tanto métodos de evaluación individual y cuantitativa son más eficaces y ofrecen monitoreo más estricto del aprendizaje individual y es en este respecto que la CUSUM ha mostrado proveer una representación confiable de la curva de aprendizaje por la evidencia acumulativa del desempeño²⁰.

Con los resultados de nuestro estudio se deja abierta la posibilidad de intuir que un médico ginecólogo con entrenamiento aún menor que el de un residente de segundo año de Medicina Materno Fetal, no necesitaría un proceso de entrenamiento tan prolongado y difícil para lograr tener la competencia en esta área, siendo esto muy importante por el hecho que lo que se pretende con estas nuevas herramientas como el

STIC es la posibilidad de que estos médicos con poco entrenamiento realicen las capturas de volúmenes cardíacos para la posterior evaluación cardíaca diferida por parte del experto, mejorando así la capacidad de análisis diferido y la capacidad diagnóstica.

En relación a esto *Bennasar y cols* en el año 2010, realizaron un estudio en 363 mujeres embarazadas entre 14 y 41 semanas de gestación para evaluar la eficacia diagnóstica de la ecocardiografía fetal con 4D STIC, encontrando que esta técnica tiene una exactitud 91.6%, sensibilidad 94.8%, especificidad 88.1%, valor predictivo positivo 89.7%, valor predictivo negativo 94% y un acuerdo general del diagnóstico pre y postnatal de 74.3%²⁷. Esto apoya de un modo trascendente la importancia de dominar la captura de volúmenes a partir de una imagen de 4 cámaras para obtener mejores resultados diagnósticos, tal como fue demostrado en este estudio.

Finalmente es importante comentar lo relacionado con el tiempo requerido para la adquisición de los volúmenes cardíacos mencionado por la literatura como una de las ventajas que ofrece la técnica de STIC tanto en gris como en color como lo reporta *Chaoui y cols.*(2008) en donde se evaluó los cambios hemodinámicos con STIC + Doppler color en 62 fetos (35 normales y 27 con cardiopatía congénita) entre las 18 y 35 SDG, y como conclusión refieren que una de las principales ventajas del uso de STIC + Doppler color es el corto tiempo requerido para la adquisición de volúmenes, el cual se comportó dentro los 30 segundos, en lugar de 15-30 minutos que es el tiempo que en promedio se requiere para la evaluación cardíaca fetal, con una tasa de éxito de casi 90% en la evaluación de los 3 planos mencionados²⁹.

En nuestro estudio el tiempo promedio de adquisición de volúmenes fue de 6 minutos pero este promedio de tiempo fue el que involucró la adquisición de varios volúmenes

tanto en gris como en color, pero el tiempo de adquisición individual de cada volumen fue de 10 segundos, lo que es respaldado por la literatura demostrando que esta técnica emplea menos tiempo que el requerido por una evaluación cardiaca fetal de rutina.

Con base a los resultados obtenidos en nuestro estudio podemos concluir que para aprovechar las ventajas del STIC es necesaria una correcta adquisición del volumen, teniendo presente también que la sola explicación de la maniobra no es suficiente, siendo necesario un proceso de aprendizaje.

Para la realización de la curva de aprendizaje en la adquisición de volúmenes cardiacos fetales con correlación espacio temporal de imágenes (STIC) en embarazos entre las 18 y 37 semanas de gestación en la Clínica de Ecocardiografía Fetal de la Unidad de Investigación de Medicina Materno Fetal del Departamento de Medicina Fetal del Instituto Nacional de Perinatología "Isidro Espinosa de los Reyes", un médico con un año de experiencia en revisión estructural fetal necesita como mínimo adquirir 28 volúmenes y un máximo 34 en gris para considerarse en competencia. Así mismo se concluye que se necesita un mínimo de 25 volúmenes y un máximo de 28 en Doppler color.

La herramienta suma acumulativa (CUSUM) demostró ser una herramienta útil, práctica, factible y precisa para demostrar el desempeño en el aprendizaje para adquisición de volúmenes cardiacos fetales.

Es necesaria la implementación de la suma acumulativa (CUSUM) como una herramienta de valoración del desempeño en otros niveles de experiencia.

BIBLIOGRAFIA

¹ Velázquez T.B., Gallardo G.J.M, Acevedo G.S, Guzmán H.M, Abordaje Diagnóstico De La Cardiopatía Fetal En El Instituto Nacional De Perinatología. Ginecol Obstet Mex 2008; 76(8): 431-9.

² Robinson JN, Simpson LL, Abuhamad AZ. Screening for Fetal Heart Disease with Ultrasound. Clin Obstet Gynecol; 2003; 46:890-6.

³ Lee & Comstock: Prenatal Diagnosis of Congenital Heart Disease: Where Are We Now?. Ultrasound Clin 2006;1; 273–91.

⁴ Allan L: Technique of Fetal Echocardiography. College Hospital, London, United Kingdom. Cardiol 2004, 25:223-33.

⁵ Rasiah SV, Publicover M, Ewer AK, Khan KS, Kilby MD, Zamora J: A systematic review of the accuracy of firsttrimester ultrasound examination for detecting major congenital heart disease. Ultrasound Obstet Gynecol 2006; 28: 110–6.

⁶ Senat MV, Holden D, Bernard JP: Feasibility of the second-trimester fetal ultrasound examination in an unselected population at 18, 20 or 22 weeks of pregnancy: a randomized trial. Ultrasound Obstet Gynecol 1999; 14:92–7.

⁷ Kovalchin JP, Silverman NH: The Impact of Fetal Echocardiography. Pediatr Cardiol 2004; 25:299-306.

⁸ Randall P, Brealey S, Hahn S, Khan KS, Parsons JM : Accuracy of fetal echocardiography in the routine detection of congenital heart disease among unselected and low risk populations: a systematic review. BJOG. 2005 Jan;112(1):24-30.

⁹ Anandakumar, M Nuruddin, Y C Wong, D Chia: Routine screening with fetal

echocardiography for prenatal diagnosis of congenital disease. *Ultrasound Rev. Obst. Gyn.* 2002; 2: 50-5.

¹⁰ Gonçalves LF, Lee W, Espinoza J, Romero R: Examination of the fetal heart by four-dimensional (4D) ultrasound with spatiotemporal image correlation (STIC). *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006;27:336–48.

¹¹ Viñals F, Ascenso R , Naveas R, Huggons I, Giuliano A.: Fetal echocardiography at 11 + 0 to 13 + 6 weeks using four-dimensional spatiotemporal image correlation telemedicine via an Internet link: a pilot study. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2008; 31: 633–8.

¹² Gonçalves LF, Lee W, Chaiworapongsa T, Espinoza J, Schoen ML, Falkensammer P, Treadwell M, Romero R.: Four dimensional ultrasonography of the fetal heart with spatiotemporal image correlation. *Am J Obstet Gynecol* 2003;189:1792–802.

¹³ Cohen L, MD, Mangers K, Grobman W, Platt L.: Satisfactory Visualization Rates of Standard Cardiac Views at 18 to 22 Weeks' Gestation Using Spatiotemporal Image Correlation. *J Ultrasound Med* 2009; 28:1645–50.

¹⁴ Williams S, Parry B, Schlup M. Quality control: An application of the cusum. *BMJ* 1992; 304:1359-61.

¹⁵ Pappana R, Biau DJ, Mann LK: Use of the Learning Curve-Cumulative summation test for quantitative and individualized assessment of competency of a surgical procedure in obstetrics and gynecology: Fetoscopic laser ablation as a model. *Am J Obstet Gynecol.* 2011; 204:218.e1-9.

¹⁶ Cruz-Martinez R, Figueras F, Moreno-Alvarez O, Martinez JM, Gomez O, Hernandez-Andrade E, Gratacos E: Learning curve for the lung area to head circumference ratio

measurement in fetuses with congenital diaphragmatic hernia. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2010; 36: 32–6.

¹⁷ Weerasinghe S, Mirghani H, Revel A, Abu-Zidan FM: Cumulative sum (CUSUM) analysis in the assessment of trainee competence in fetal biometry measurement. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2006; 28: 199-203.

¹⁸ Naik V N, Devito I, Halpern SH: Cusum analysis is a useful tool to assess resident proficiency at insertion of labour epidurals. *Can J Anaesth.* 2003; 50: 694-8.

¹⁹ Baptista Macaroff WM, Castroman Espasandín P: Utilización del método de la suma acumulada (cusum) para la evaluación continua de la calidad de la analgesia en una Unidad de Dolor Agudo Postoperatorio. *Rev Esp Anesthesiol Reanim.* 2007; 54: 11-6.

²⁰ Rozenberg P, Porcher R, Salomon LJ, Boirot F, Morin C, Ville Y: Comparison of the learning curves of digital examination and transabdominal sonography for the determination of fetal head position during labor. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2008; 31: 332-7.

²¹ . Biau D J, Williams S M, Schlup M, Nizard RS, Porcher R. : Quantitative and individualized assessment of the learning curve using LC-CUSUM. *British Journal of Surgery* 2008; 95: 925–9.

²² Maiz N, Kagan K O, Milovanovic Z, Celik E, Nicolaidis K H.: Learning curve for Doppler assessment of ductus venosus flow at 11 + 0 to 13 + 6 weeks' gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2008; 31: 503–6.

²³ Cicero S , Dezerega V, Hernandez E, Sheier M, Nicolaidis K.H. : Learning curve for sonographic examination of the fetal nasal bone at 11–14 weeks. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2003; 22: 135–7.

²⁴ Biau DJ, Porcher R, Salomon J.L . CUSUM: A tool for ongoing assessment of performance. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2008; 31: 252–5.

²⁵ Bolsin S, Colson M: The use of the cusum technique in the assessment of trainee competence in new procedures. *Int J Qual Health Care* 2000;12:433–8.

²⁶ Chaoui R, Hoffmann J, Heling KS: Three-dimensional (3D) and 4D color Doppler fetal echocardiography using spatio-temporal image correlation (STIC). *Ultrasound Obstet Gynecol* 2004; 23:535–45.

²⁷ Bennasar M, Martínez JM, Gómez O, Bartrons J, Olivella A, Puerto B, et al. Accuracy of four-dimensional spatiotemporal image correlation echocardiography in the prenatal diagnosis of congenital heart defects *Ultrasound Obstet Gynecol* 2010;36: 458–64.

CUADROS

Cuadro I. Características demográficas de las pacientes evaluadas

Edad promedio	29 años
Semanas de gestación más frecuente	28.4 SDG
Situación fetal	Longitudinal 113 pacientes Transverso 1 paciente
Dorso fetal	Dorso derecho: 60 pacientes Dorso anterior: 2 pacientes Dorso izquierdo: 37 pacientes Dorso posterior: 15 pacientes
Presentación fetal	Cefálico: 87 pacientes Pélvico: 26 pacientes
Tiempo promedio de adquisición	6 minutos

SDG: Semanas de gestación

Cuadro II. Comportamiento de las adquisiciones de los volúmenes cardiacos en los tres operadores tanto en adquisición con escala de grises y como en la adquisición con escala de color.

OPERADOR	GRIS ADECUADA	GRIS INADECUADA	COMPETENCIA EN GRIS	COLOR ADECUADA	COLOR INADECUADA	COMPETENCIA EN COLOR
OPERADOR 1	22	15	28	12	22	Na
OPERADOR 2	39	7	34	28	7	28
OPERADOR 3	34	2	27	23	6	25
Na: NO ALCANZO LA COMPETENCIA						

FIGURAS

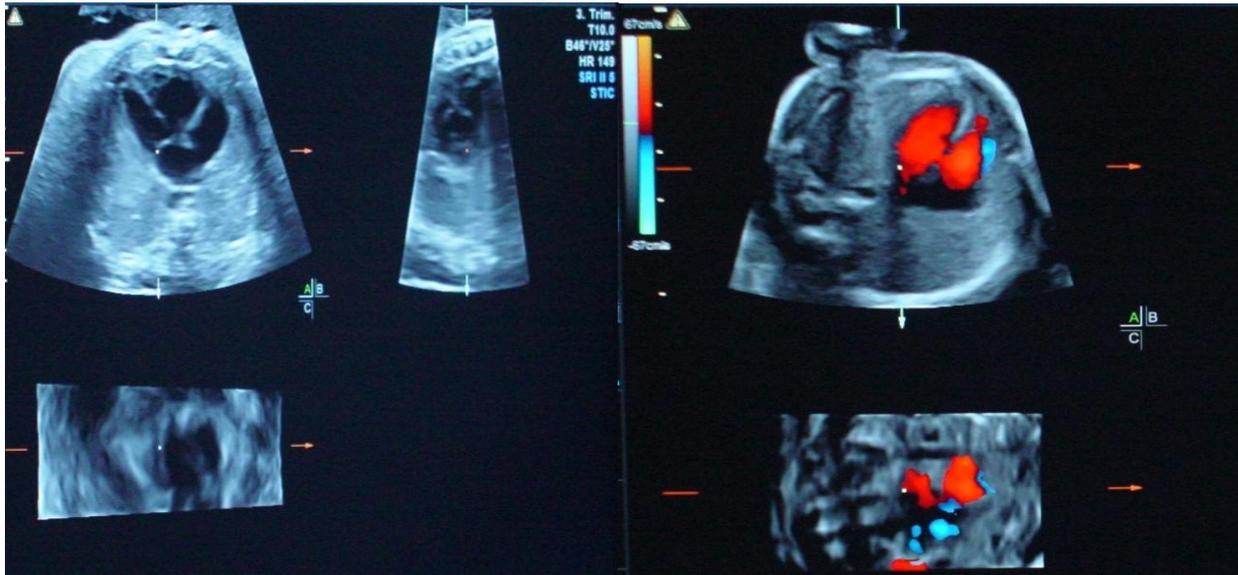


Figura 1. Adquisición de imágenes 3D con STIC (*Correlación espacio temporal de imágenes*) en escala de gris y Doppler color)

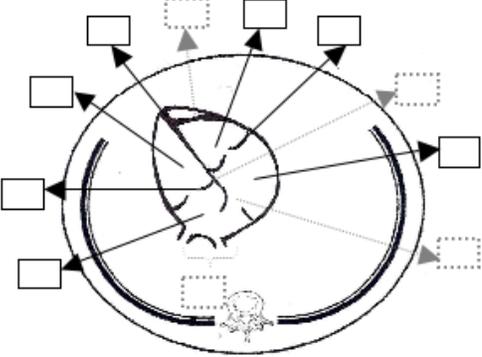
Toma de STIC				
Fecha del estudio: __/__/ - __	Operador:	FUM: __/__/ __	SDG (FUM):	SDG (LCC):
Hora de inicio:	Orientación fetal:	Situación:	Polo cefálico:	Dorso: 
Hora culminación:	Resultado de la captura: Adecuada___ No adecuada___			
Tiempo total:	Causa:			
estructura visible(✓) no visible (*) Solo en 2do y 3er trimestre		Settings	adecuada(✓) no adecuado (*)	Valor
		Imagen 2D		
		Modo utilizado		
		Profundidad		
		Ajuste de ventana		
		Zoom		
		Armónicas		
		OIT		
		Ganancias		
		STIC		
		Modo de captura		
		ROI		
		Tiempo de adquisición		
		Ángulo		
PRF (D. color)				
Ganancias (D. color)				

Figura 2. Lista de cotejo para adquisición de volúmenes cardiacos

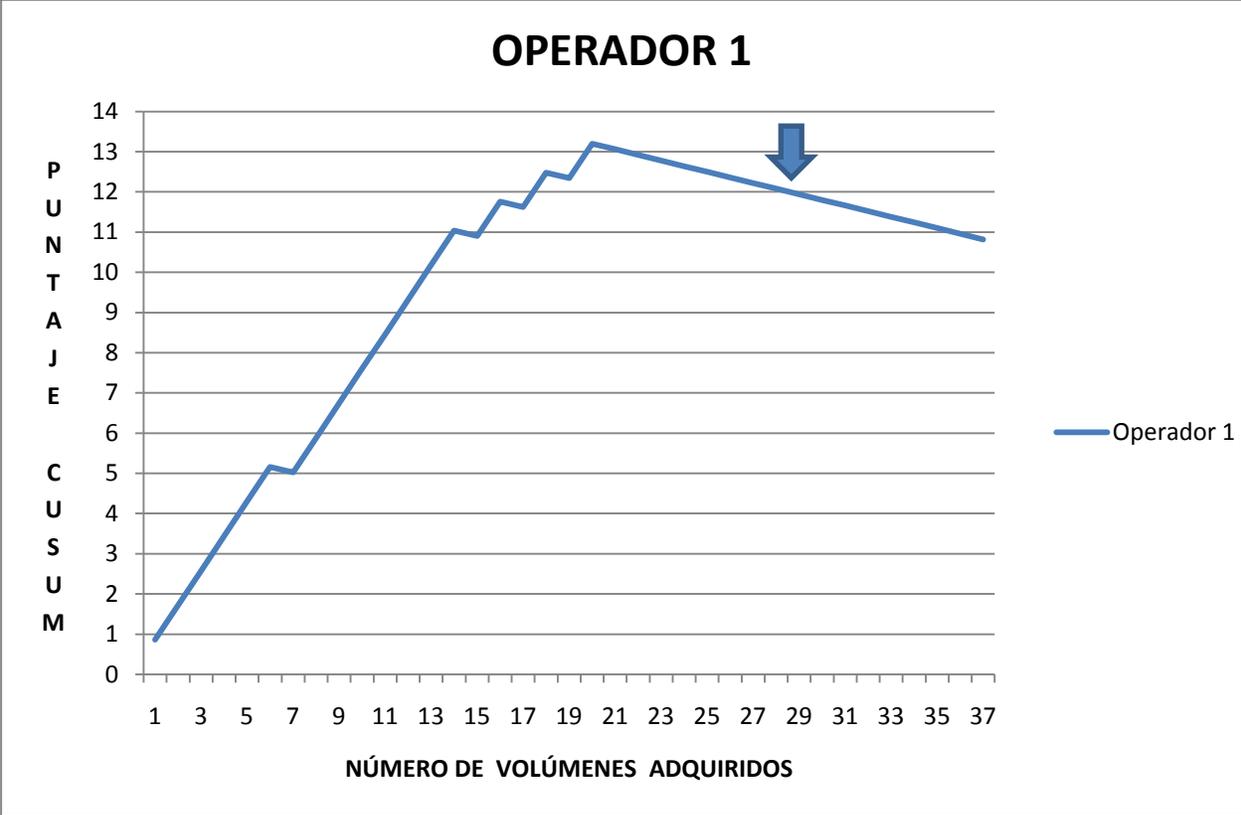


Figura 3. Gráfica CUSUM de adquisición de volúmenes cardiacos en gris operador 1. La flecha indica el número de intentos en el primer operador que fueron necesarios para alcanzar el control para la adquisición de volúmenes cardiacos con STIC.

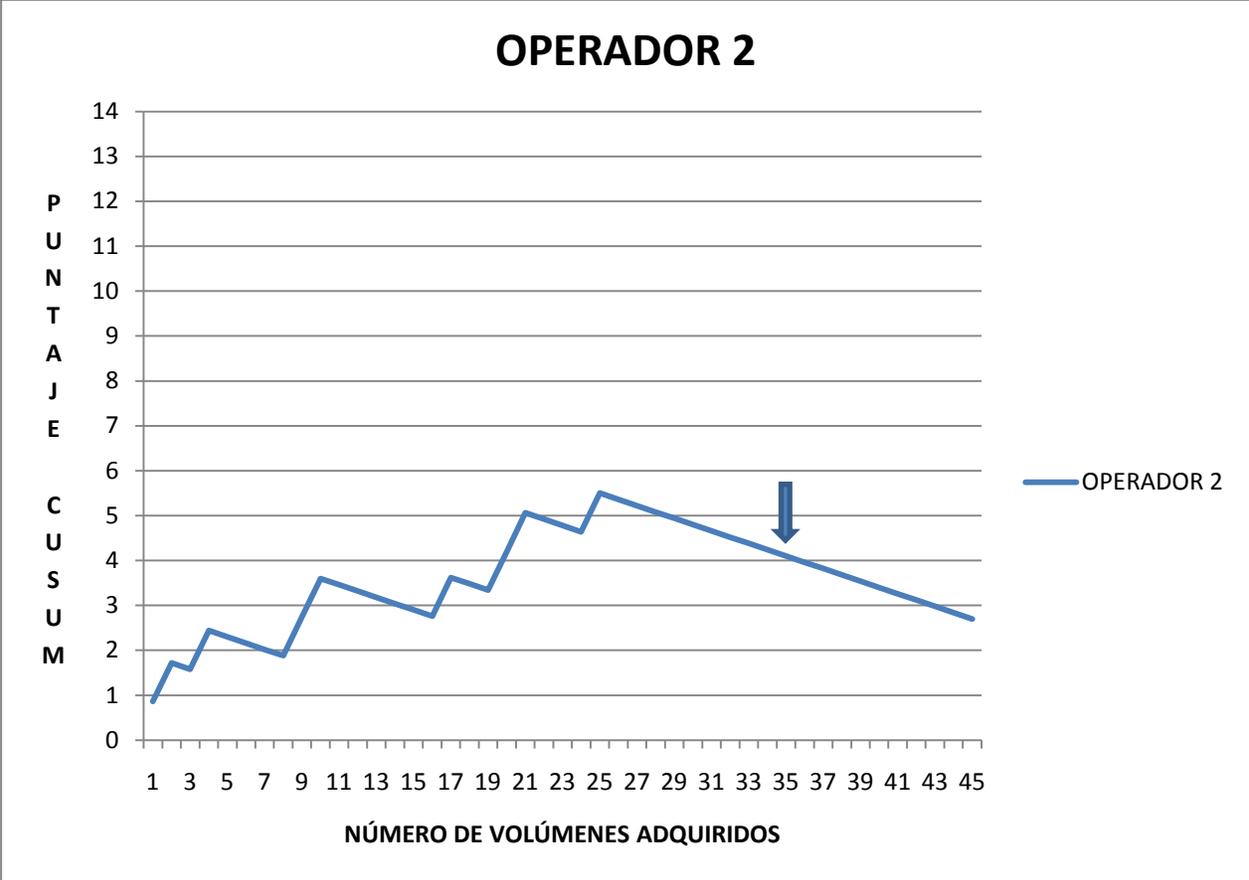


Figura 4. Gráfica CUSUM de adquisición de volúmenes cardiacos en gris operador 2. La flecha indica el número de intentos en el primer operador que fueron necesarios para alcanzar el control para la adquisición de volúmenes cardiacos con STIC.

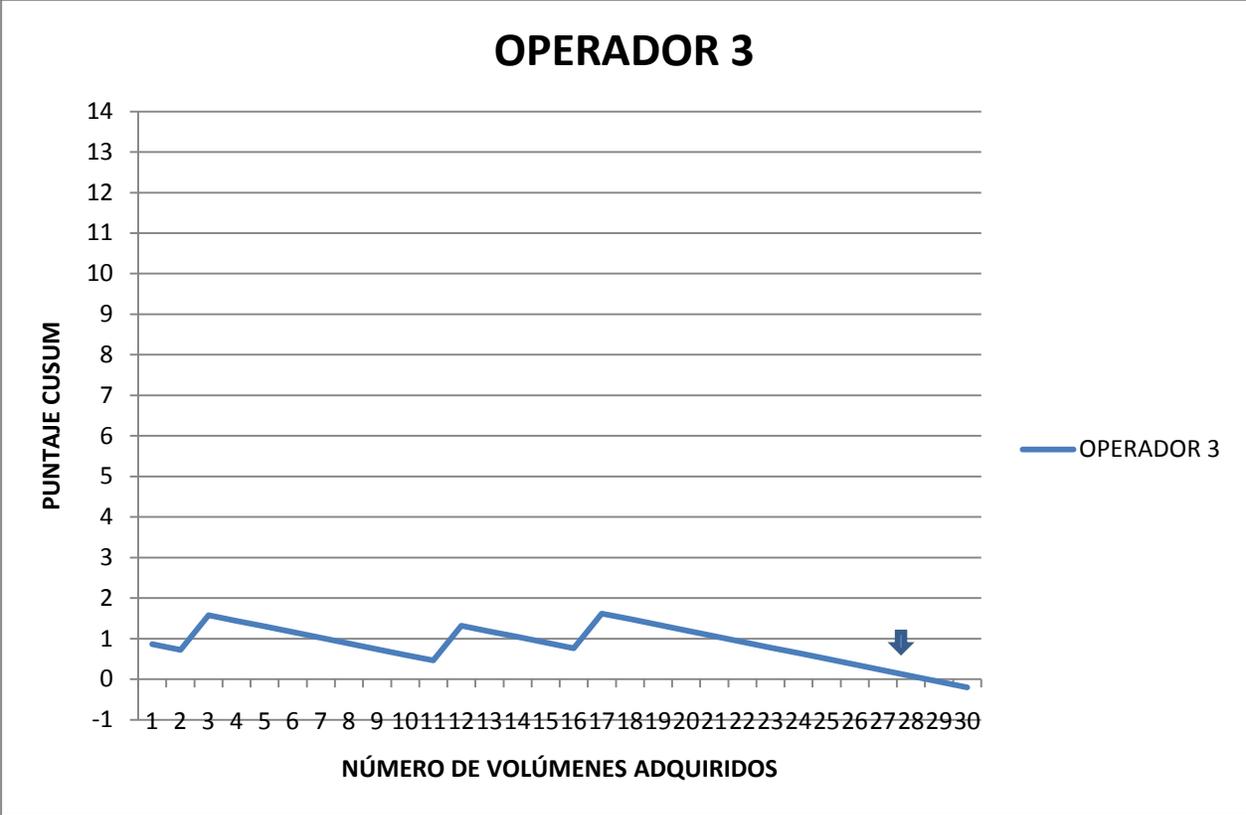


Figura 5. Gráfica CUSUM de adquisición de volúmenes cardiacos en gris operador 3. La flecha indica el número de intentos en el primer operador que fueron necesarios para alcanzar el control para la adquisición de volúmenes cardiacos con STIC.

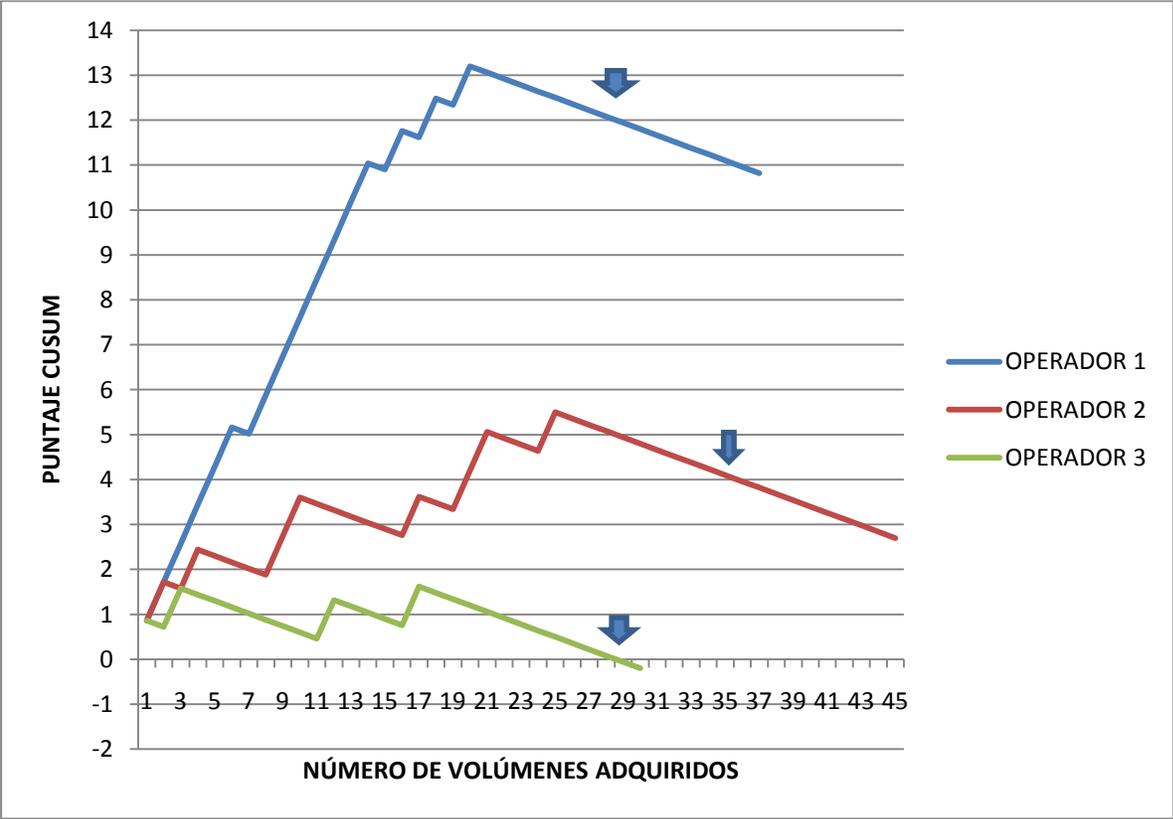


Figura 6. Gráfica CUSUM de adquisición de volúmenes cardiacos en gris que demuestra el comportamiento del desempeño de los 3 operadores. La flecha indica el número de intentos que fue necesario para alcanzar el control

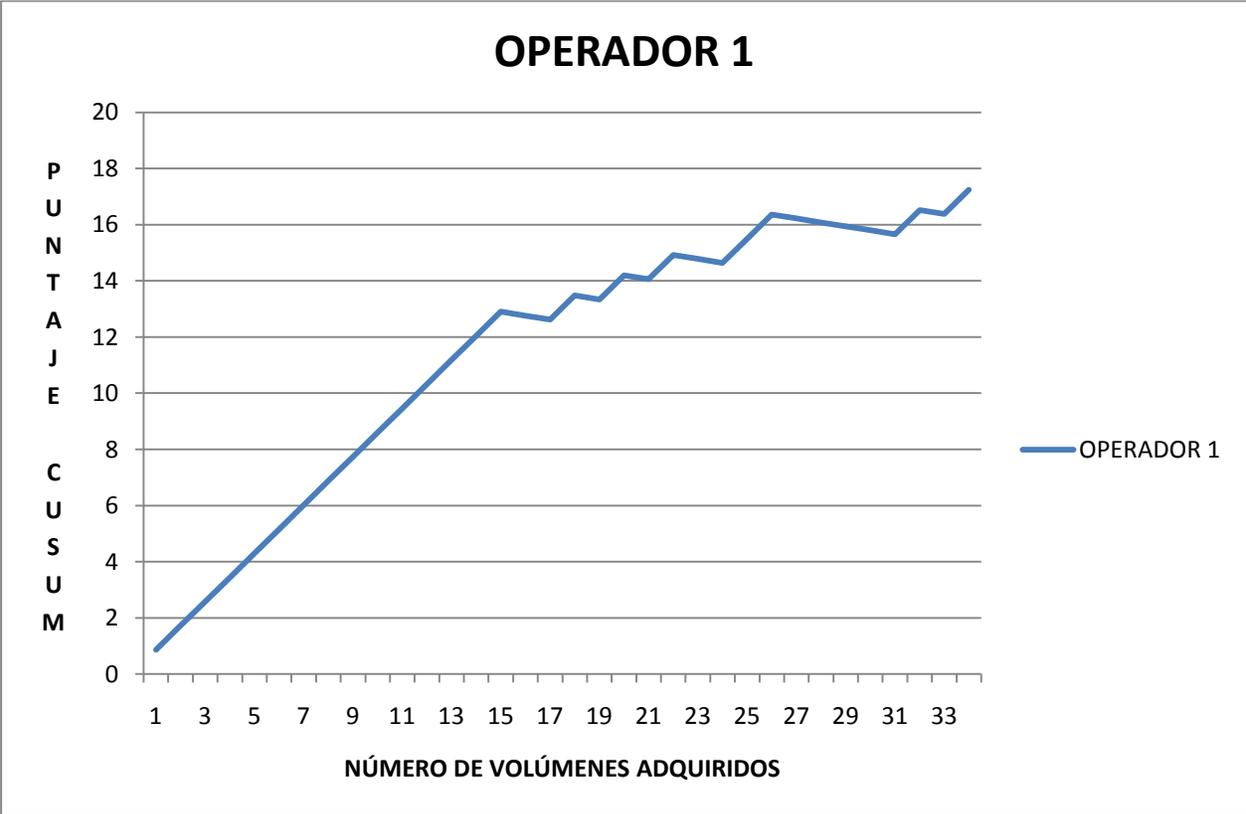


Figura 7. Gráfica CUSUM de adquisición de volúmenes cardiacos con Doppler color, operador 1. No alcanzó la competencia.

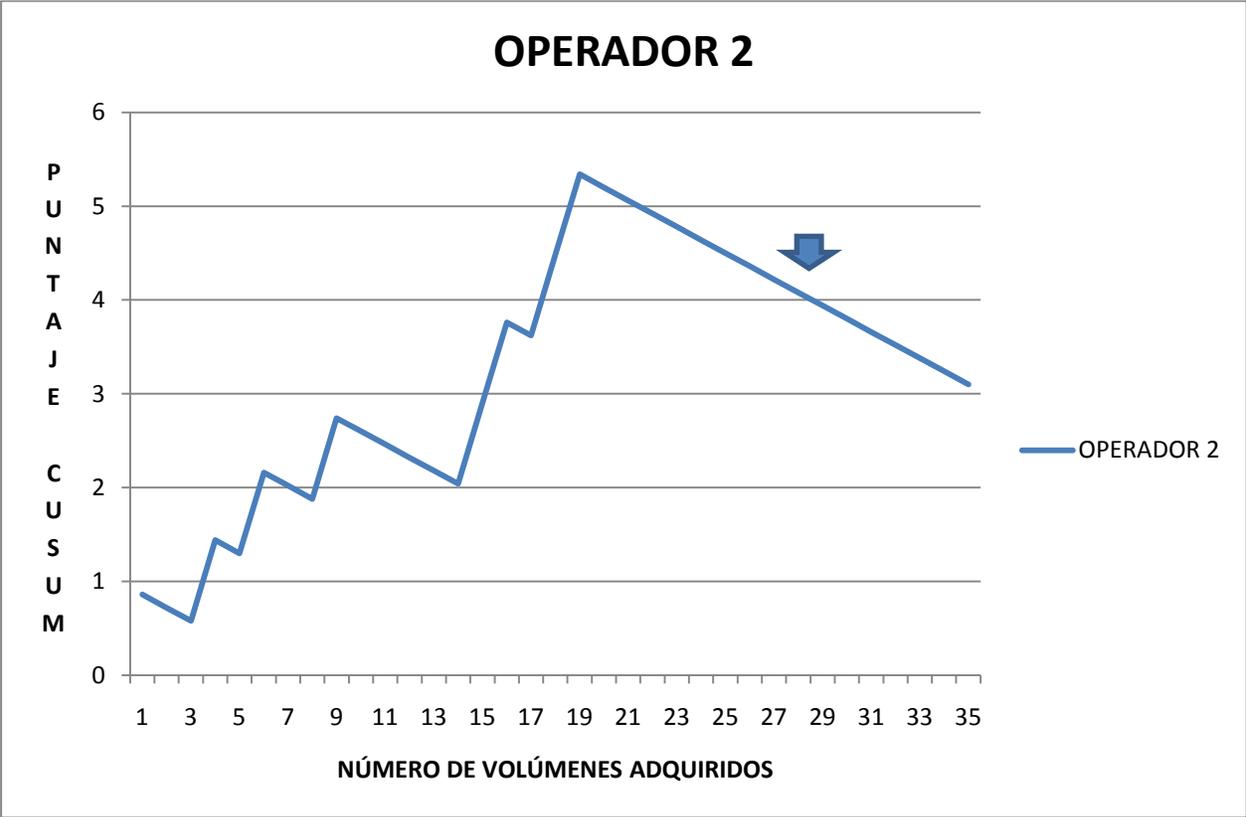


Figura 8. Gráfica CUSUM de adquisición de volúmenes cardiacos con Doppler color, operador2. La flecha indica el número de intentos que fueron necesarios para alcanzar el control para la adquisición de volúmenes cardiacos con STIC

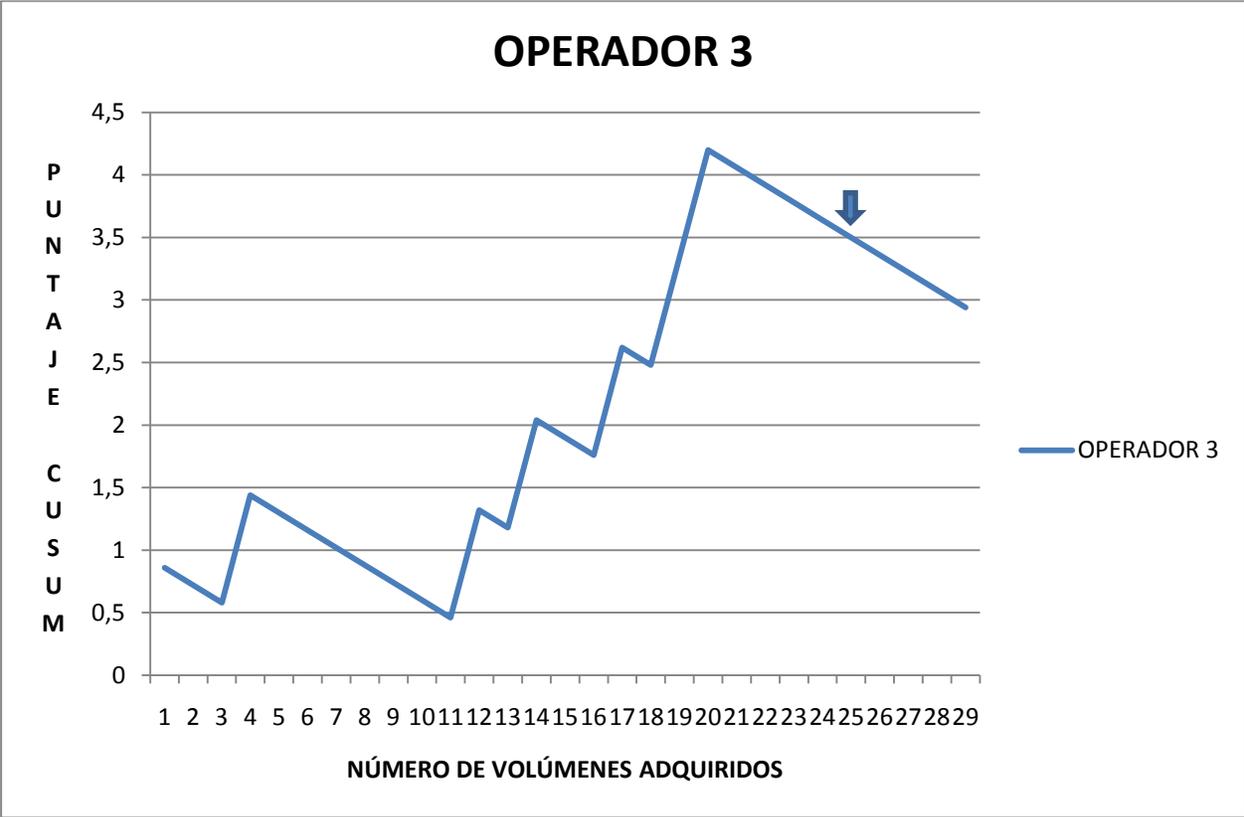


Figura 9. Gráfica CUSUM de adquisición de volúmenes cardiacos con Doppler color, operador 3. La flecha indica el número de intentos que fueron necesarios para alcanzar el control para la adquisición de volúmenes cardiacos con STIC

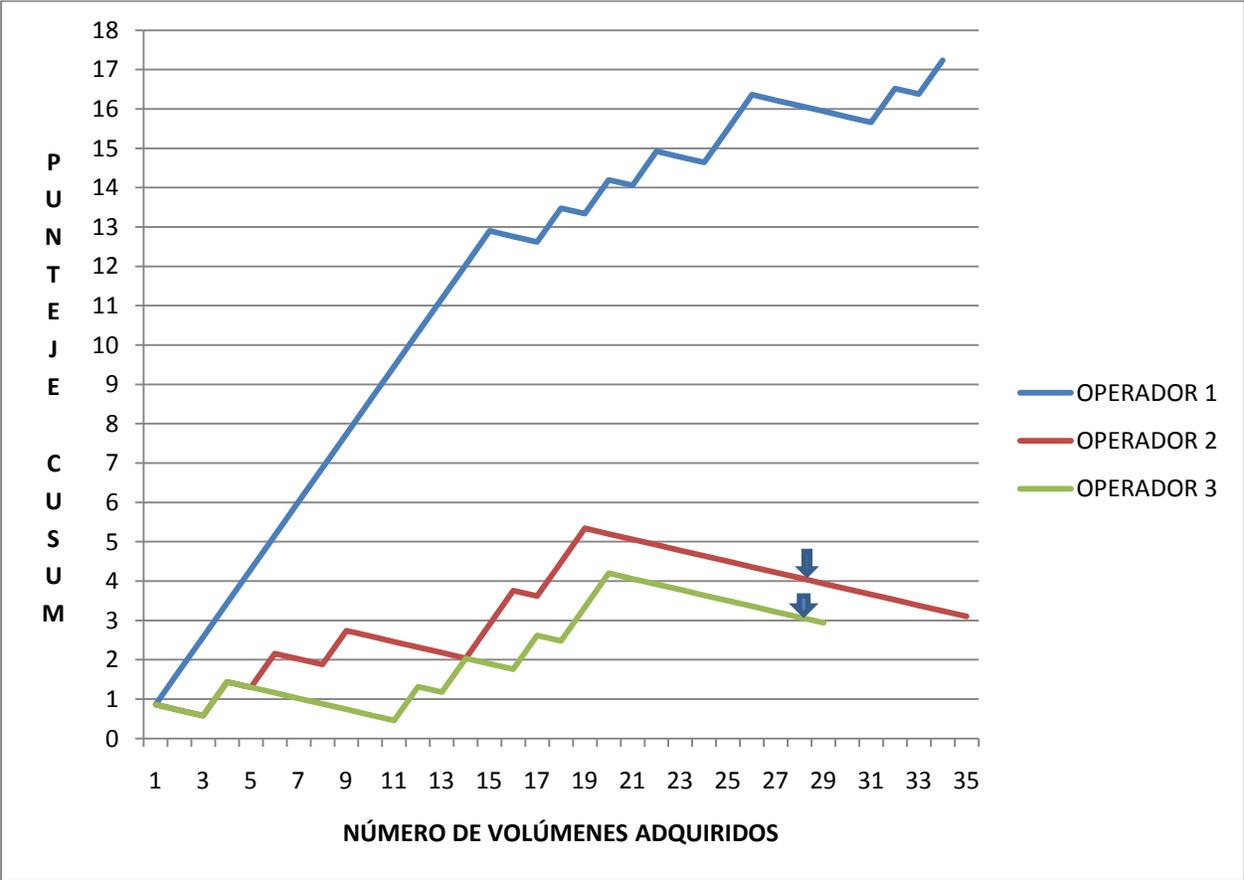


Figura 10. Gráfica CUSUM de adquisición de volúmenes cardiacos en color que demuestra el comportamiento de las graficas de los tres operadores. La flecha indica el número de intentos que fueron necesarios en cada operador para alcanzar el control para la adquisición de volúmenes cardiacos con STIC, nótese que el operador 1 no alcanzo la competencia .