



Pontificia Universidad  
**JAVERIANA**  
Bogotá



# Ultrasonografía clínica en **cuidado crítico y urgencias** (POCUS)



Educación **Continua**

Generamos experiencias educativas

## Contenido

Videoclase 1: Principios básicos del ultrasonido .....	3
1. Concepto de ultrasonido y fundamentos físicos .....	3
2. El transductor y el efecto piezoeléctrico .....	4
3. Parámetros acústicos fundamentales .....	4
4. Interacción del ultrasonido con los tejidos .....	5
5. Atenuación y artefactos ecográficos.....	5
6. Resolución de la imagen ecográfica .....	5
7. Modos de imagen.....	6
8. Efecto Doppler y evaluación del flujo .....	6
9. Modalidades Doppler .....	6
10. Seguridad y principio ALARA.....	6
Conclusión .....	7
Videoclase 2: Artefactos en ultrasonido POCUS.....	7
1. Concepto de artefacto ecográfico .....	7
2. Clasificación clínica de los artefactos .....	8
3. Bases físicas del origen de los artefactos .....	8
4. Reverberación .....	8
5. Líneas A pulmonares .....	8
6. Cola de cometa .....	9
7. Ring Down .....	9
8. Imagen en espejo .....	9
9. Refracción y artefacto de borde.....	9
10. Lóbulos laterales.....	9
11. Sombra acústica .....	9
12. Refuerzo acústico posterior .....	9
Conclusión .....	10
Videoclase 3: Knobología.....	10
1. El rol del operador en ultrasonografía .....	10

2. Knobology: manejo básico del ecógrafo .....	10
3. Ganancia: control del brillo de la imagen .....	11
4. Compensación de ganancia en el tiempo (TGC) .....	11
5. Profundidad: campo de visión .....	11
6. Foco y frecuencia .....	12
7. El transductor como elemento central .....	12
8. Tipos de transductores y aplicaciones clínicas .....	12
9. Movimientos básicos del transductor .....	13
10. Orientación anatómica en ultrasonografía .....	13
11. Convenciones de orientación .....	13
12. Orientación en procedimientos guiados .....	13
Conclusión .....	14

## Guía de estudio

### Videoclase 1: Principios básicos del ultrasonido

Este documento presenta un resumen detallado y estructurado de los principios físicos del ultrasonido clínico aplicados al cuidado crítico y a los servicios de urgencias. El objetivo es consolidar los conceptos fundamentales que permiten comprender el funcionamiento del ultrasonido, interpretar adecuadamente las imágenes y utilizar esta herramienta de manera segura y efectiva en la práctica clínica diaria.

#### 1. Concepto de ultrasonido y fundamentos físicos

El ultrasonido es una forma de energía mecánica que se propaga en forma de ondas de presión a través de un medio material. A diferencia de las ondas electromagnéticas, como la luz o las ondas de radio, el sonido no puede viajar en el vacío y requiere tejidos, líquidos o gases para transmitirse. En el cuerpo humano, el ultrasonido se propaga principalmente a través de tejidos blandos, líquidos y, con mayor dificultad, a través del aire y el hueso.

Las ondas ultrasónicas utilizadas con fines diagnósticos tienen frecuencias superiores al rango audible humano (20 a 20.000 Hz). En ecografía clínica se emplean frecuencias entre 1 y 15 MHz, lo que permite obtener imágenes con suficiente resolución espacial para diferenciar estructuras anatómicas internas.

## 2. El transductor y el efecto piezoeléctrico

El transductor es el componente central del sistema de ultrasonido. Su función es convertir la energía eléctrica en energía acústica y viceversa. Esto es posible gracias a cristales piezoeléctricos que, al recibir una corriente eléctrica, vibran y generan ondas ultrasónicas. Cuando los ecos reflejados regresan al transductor, deforman nuevamente los cristales y se convierten en señales eléctricas que el equipo procesa para formar la imagen.

El tiempo que tarda el eco en regresar al transductor permite calcular la profundidad de la estructura reflejante, asumiendo una velocidad de propagación promedio de 1540 m/s en los tejidos blandos. Este supuesto es fundamental para la correcta reconstrucción de la imagen.

## 3. Parámetros acústicos fundamentales

Para describir el comportamiento de la onda ultrasónica se utilizan varios parámetros acústicos. La frecuencia corresponde al número de ciclos por segundo y determina en gran medida la calidad de la imagen. La longitud de onda es la distancia física que ocupa un ciclo completo, mientras que el período es el tiempo que tarda en completarse dicho ciclo. La velocidad de propagación depende de las características del tejido y no de la frecuencia.

Existe una relación directa entre frecuencia, resolución y penetración. A mayor frecuencia, menor longitud de onda y mejor resolución axial, pero menor profundidad de penetración. Por el contrario, las frecuencias bajas permiten explorar estructuras profundas, aunque con menor nivel de detalle.

#### 4. Interacción del ultrasonido con los tejidos

Cuando el ultrasonido entra en contacto con los tejidos del cuerpo, su energía puede reflejarse, absorberse, refractarse o dispersarse. La reflexión es el fenómeno clave para la formación de la imagen ecográfica y depende de la diferencia de impedancia acústica entre dos tejidos.

La impedancia acústica es una propiedad que depende de la densidad del tejido y de la velocidad de propagación del sonido en él. Diferencias pequeñas de impedancia generan ecos parciales que producen la escala de grises característica de la ecografía. Diferencias grandes, como en la interfaz aire-tejido o hueso-tejido, producen reflexiones casi completas, limitando la visualización de estructuras profundas.

#### 5. Atenuación y artefactos ecográficos

La atenuación es la pérdida progresiva de energía de la onda ultrasónica a medida que atraviesa los tejidos. Este fenómeno aumenta con la profundidad y con el uso de frecuencias altas. Como consecuencia, se generan artefactos como la sombra acústica posterior, frecuente detrás del hueso o de estructuras altamente reflectantes.

En el pulmón, la presencia de aire genera una reflexión casi total del ultrasonido, lo que impide la visualización directa del parénquima pulmonar normal. Por esta razón, la ecografía pulmonar se basa principalmente en la interpretación de artefactos.

#### 6. Resolución de la imagen ecográfica

La resolución se define como la capacidad del sistema para distinguir dos estructuras cercanas entre sí. La resolución axial permite diferenciar estructuras ubicadas a distintas profundidades y depende de la longitud del pulso. La resolución lateral depende del ancho del haz ultrasónico y de la zona focal. La resolución temporal está relacionada con el número de cuadros por segundo y es esencial para evaluar estructuras en movimiento.

## 7. Modos de imagen

El modo B o modo brillo es el más utilizado en la práctica clínica. Proporciona una imagen bidimensional en escala de grises, donde el brillo de cada punto depende de la intensidad del eco reflejado.

El modo M registra el movimiento de las estructuras a lo largo del tiempo en una sola línea de exploración. Es especialmente útil para evaluar el deslizamiento pleural y el movimiento de estructuras cardíacas.

## 8. Efecto Doppler y evaluación del flujo

El efecto Doppler se basa en el cambio de frecuencia que ocurre cuando una onda sonora se refleja en un objeto en movimiento, como los glóbulos rojos dentro de los vasos sanguíneos. Este principio permite evaluar la dirección, velocidad y características del flujo sanguíneo.

La medición Doppler depende de la frecuencia del transductor, la velocidad real del flujo y el ángulo de insonación. Para obtener mediciones confiables, el ángulo entre el haz ultrasónico y el flujo debe ser menor a 60 grados.

## 9. Modalidades Doppler

El Doppler pulsado permite analizar el flujo en un punto específico, pero está limitado por el fenómeno de aliasing. El Doppler continuo permite medir flujos de alta velocidad sin aliasing, aunque pierde precisión espacial.

El Doppler color muestra la dirección y velocidad promedio del flujo, mientras que el Power Doppler es más sensible para detectar flujos lentos, aunque no aporta información direccional.

## 10. Seguridad y principio ALARA

Aunque el ultrasonido diagnóstico es una técnica segura, no está completamente exenta de riesgos teóricos. Los principales bioefectos potenciales son los térmicos y los mecánicos.

El índice térmico estima el posible aumento de temperatura tisular, mientras que el índice mecánico evalúa el riesgo de cavitación. Se recomienda aplicar siempre el principio ALARA, utilizando la menor potencia y el menor tiempo de exposición necesarios para responder la pregunta clínica.

## Conclusión

El conocimiento de los principios físicos del ultrasonido es fundamental para su uso adecuado en el cuidado crítico y las urgencias. Comprender la relación entre frecuencia, resolución, penetración, Doppler y seguridad permite optimizar la calidad diagnóstica y garantizar una práctica clínica responsable y efectiva.

## Videoclase 2: Artefactos en ultrasonido POCUS

Este documento presenta un resumen detallado y estructurado del módulo dedicado a los artefactos ecográficos en el contexto del ultrasonido clínico aplicado al cuidado crítico y a los servicios de urgencias. Su propósito es comprender el origen físico de los artefactos, reconocerlos durante la exploración y distinguir aquellos que representan errores de imagen de los que constituyen verdaderos hallazgos diagnósticos con valor clínico.

### 1. Concepto de artefacto ecográfico

Un artefacto ecográfico se define como cualquier eco o imagen visible que no corresponde a una estructura anatómica real ubicada en el lugar donde el ecógrafo la representa. Los artefactos no son fallas del equipo, sino el resultado de la discrepancia entre los supuestos físicos del ecógrafo y la compleja interacción real del ultrasonido con los tejidos.

El ecógrafo asume que el sonido se propaga en línea recta, a una velocidad constante de 1540 m/s, que cada eco proviene de un único rebote y que la atenuación es uniforme. Cuando estos supuestos no se cumplen, se producen errores de localización, duplicación o distorsión de las imágenes.

## 2. Clasificación clínica de los artefactos

Desde el punto de vista clínico, los artefactos pueden dividirse en dos grandes grupos. El primero corresponde a artefactos distractores, que pueden inducir a errores diagnósticos si no se reconocen adecuadamente. El segundo grupo incluye artefactos que representan verdaderos hallazgos diagnósticos, como la sombra acústica posterior o el refuerzo acústico.

## 3. Bases físicas del origen de los artefactos

El origen de los artefactos ecográficos se puede comprender a partir de tres pilares fundamentales: la velocidad de propagación, la forma de propagación del haz ultrasónico y la atenuación de la energía.

Cada tejido posee una velocidad de propagación distinta. La grasa, el músculo y el hueso transmiten el sonido de forma diferente, lo que genera errores de localización y fenómenos de refracción.

El haz ultrasónico no es perfecto: tiene grosor tridimensional, produce lóbulos laterales y puede rebotar múltiples veces entre interfaces reflectivas.

La atenuación tampoco es uniforme. El sonido se atenúa mínimamente en el líquido y de forma intensa en estructuras densas o en presencia de gas.

## 4. Reverberación

La reverberación ocurre cuando el ultrasonido queda atrapado entre dos superficies altamente reflectivas y paralelas, produciendo múltiples rebotes sucesivos que el ecógrafo interpreta como estructuras más profundas.

Un ejemplo clásico es la interfaz pleura-aire, donde este artefacto puede tener valor diagnóstico.

## 5. Líneas A pulmonares

Las líneas A son reverberaciones pulmonares que indican pulmón aireado. Su desaparición sugiere patología pulmonar.

## 6. Cola de cometa

La cola de cometa es una reverberación de pequeña escala asociada a microcalcificaciones, cristales de colesterol o burbujas de gas.

## 7. Ring down

El *ring down* se asocia a gas intratisular o intraluminal y tiene alto valor diagnóstico.

## 8. Imagen en espejo

La imagen en espejo genera duplicación de estructuras debido a reflejos en superficies altamente reflectivas como el diafragma.

## 9. Refracción y artefacto de borde

La refracción genera sombras laterales limpias en estructuras redondeadas llenas de líquido.

## 10. Lóbulos laterales

Los lóbulos laterales generan ecos falsos dentro de estructuras anecoicas.

## 11. Sombra acústica

La sombra acústica limpia es típica de cálculos y hueso; la sombra sucia se asocia a gas.

## 12. Refuerzo acústico posterior

El refuerzo acústico posterior confirma la presencia de líquido simple.

## Conclusión

Comprender los artefactos ecográficos permite mejorar la precisión diagnóstica y evitar errores en la interpretación.

## Videoclase 3: Knobología

Este documento presenta un resumen detallado y organizado del módulo dedicado a los fundamentos prácticos del ultrasonido clínico en el contexto del cuidado crítico y los servicios de urgencias. El objetivo es comprender cómo el operador, a través del dominio del equipo, el transductor y la orientación, influye directamente en la calidad diagnóstica de la imagen ecográfica.

### 1. El rol del operador en ultrasonografía

En ultrasonografía clínica, la calidad de la imagen no depende únicamente del equipo, sino principalmente del operador. Dos personas con el mismo ecógrafo y frente al mismo paciente pueden obtener imágenes completamente diferentes. El dominio del ultrasonido implica comprender qué se está haciendo, cómo se ajusta la máquina y cómo se interpreta la imagen.

El curso se fundamenta en tres pilares esenciales: el manejo del equipo (knobology), la correcta selección y uso del transductor y la adecuada orientación anatómica. Estos tres elementos determinan la calidad, utilidad y seguridad del estudio ecográfico.

### 2. Knobology: manejo básico del ecógrafo

La knobology se refiere al conocimiento y uso sistemático de los controles del ecógrafo. La imagen inicial obtenida al seleccionar un preset no suele ser diagnóstica y debe ajustarse de manera activa por el operador.

### 3. Ganancia: control del brillo de la imagen

La ganancia controla el grado de amplificación de los ecos que regresan al transductor y se traduce visualmente en el brillo de la imagen. Es un control de posprocesamiento y no implica un aumento de energía enviada al paciente, por lo que puede ajustarse con seguridad.

Una ganancia excesiva produce imágenes sobreganadas que pueden generar errores de comisión, como la falsa visualización de ecos en cavidades que deberían ser anecoicas. Por el contrario, una ganancia insuficiente produce errores de omisión, ocultando estructuras sutiles clínicamente relevantes.

El objetivo es alcanzar un punto óptimo de ganancia que permita diferenciar claramente las distintas ecogenicidades de los tejidos.

### 4. Compensación de ganancia en el tiempo (TGC)

A medida que el ultrasonido atraviesa tejidos más profundos, se produce atenuación de la señal. La compensación de ganancia en el tiempo (TGC) permite ajustar la ganancia según la profundidad para obtener una imagen homogénea.

El operador debe disminuir la ganancia en el campo cercano y aumentarla progresivamente en el campo lejano, de modo que estructuras con ecogenicidad similar se vean comparables a distintas profundidades.

### 5. Profundidad: campo de visión

La profundidad define el campo de visión del ecógrafo. Se recomienda iniciar el examen con una profundidad mayor para obtener contexto anatómico y luego reducirla hasta que la estructura de interés ocupe la mayor parte de la pantalla.

Como regla general, se debe dejar aproximadamente un centímetro de espacio por debajo de la estructura más profunda. Una profundidad excesiva reduce la resolución y la tasa de cuadros, afectando la evaluación del movimiento.

## 6. Foco y frecuencia

El foco corresponde a la zona del haz ultrasónico donde este es más estrecho y se obtiene la mejor resolución lateral. Debe colocarse a la altura o ligeramente por debajo de la estructura de interés.

La frecuencia del transductor determina el equilibrio entre resolución y penetración. Las frecuencias altas ofrecen mejor resolución axial pero menor profundidad, mientras que las frecuencias bajas permiten evaluar estructuras profundas con menor detalle.

## 7. El transductor como elemento central

El transductor es el corazón del sistema ecográfico. Está compuesto por cristales piezoeléctricos que convierten la energía eléctrica en ondas ultrasónicas y los ecos reflejados nuevamente en señales eléctricas.

Para que el ultrasonido se transmita adecuadamente al cuerpo, es indispensable un correcto acoplamiento acústico. El gel elimina el aire entre el transductor y la piel, permitiendo una transmisión eficiente de la energía.

## 8. Tipos de transductores y aplicaciones clínicas

El transductor convexo o curvilíneo utiliza frecuencias bajas y un campo de visión amplio, siendo ideal para abdomen, pelvis y evaluación FAST.

El transductor lineal emplea frecuencias altas y ofrece excelente resolución de estructuras superficiales, siendo el de elección para vasos, nervios, pleura y procedimientos guiados.

El transductor sectorial o phased array combina baja frecuencia con una huella pequeña, lo que facilita la evaluación cardíaca a través de espacios intercostales.

## 9. Movimientos básicos del transductor

El deslizamiento permite localizar estructuras desplazando el transductor sobre la piel. El balanceo o tilting permite explorar diferentes cortes desde un punto fijo.

La rotación cambia el plano de exploración, por ejemplo, de transversal a longitudinal. El rocking ajusta la orientación para centrar la estructura o mejorar la alineación del plano.

## 10. Orientación anatómica en ultrasonografía

La ecografía muestra imágenes bidimensionales de estructuras tridimensionales, por lo que la orientación anatómica es esencial para evitar errores de interpretación.

Los planos anatómicos fundamentales son el sagital, coronal y transversal. En ecografía, los planos sagital y coronal se agrupan como eje largo o longitudinal, y el plano transversal se denomina eje corto.

## 11. Convenciones de orientación

En el eje corto, el marcador del transductor se orienta hacia la izquierda del operador. En la pantalla, el lado izquierdo representa el lado derecho del paciente.

En el eje largo, el marcador del transductor se orienta hacia la cabeza del paciente. En la pantalla, la izquierda corresponde a la región cefálica y la derecha a la región caudal.

## 12. Orientación en procedimientos guiados

En procedimientos guiados por ultrasonido, la correcta orientación es crucial para visualizar la aguja. En el abordaje en plano, la aguja se visualiza en todo su trayecto. En el abordaje fuera de plano, la aguja se observa como un punto hiperecogénico.

La coherencia entre el marcador del transductor y la dirección de la aguja es fundamental para la seguridad del procedimiento.

## Conclusión

El dominio práctico del ultrasonido clínico se basa en el control del equipo, la correcta selección y manejo del transductor y una adecuada orientación anatómica.

Comprender estos fundamentos permite obtener imágenes de alta calidad, mejorar la precisión diagnóstica y utilizar el ultrasonido de forma segura y efectiva en el cuidado crítico y las urgencias.