

TC de energía dual: Un cambio trascendental en el diagnóstico.

Celia Marín Pérez, Ignacio Baltasar Giménez De Haro, Lourdes Torrijos Rodríguez-Rabadán, María Luisa Masó Navarro, Santiago Ibáñez Caturla, María Jesús Fernández Ferrando, Natalia Bernal Garnés, Eduardo Alías Carrascosa, Rocío Pérez-Milá Montalbán.

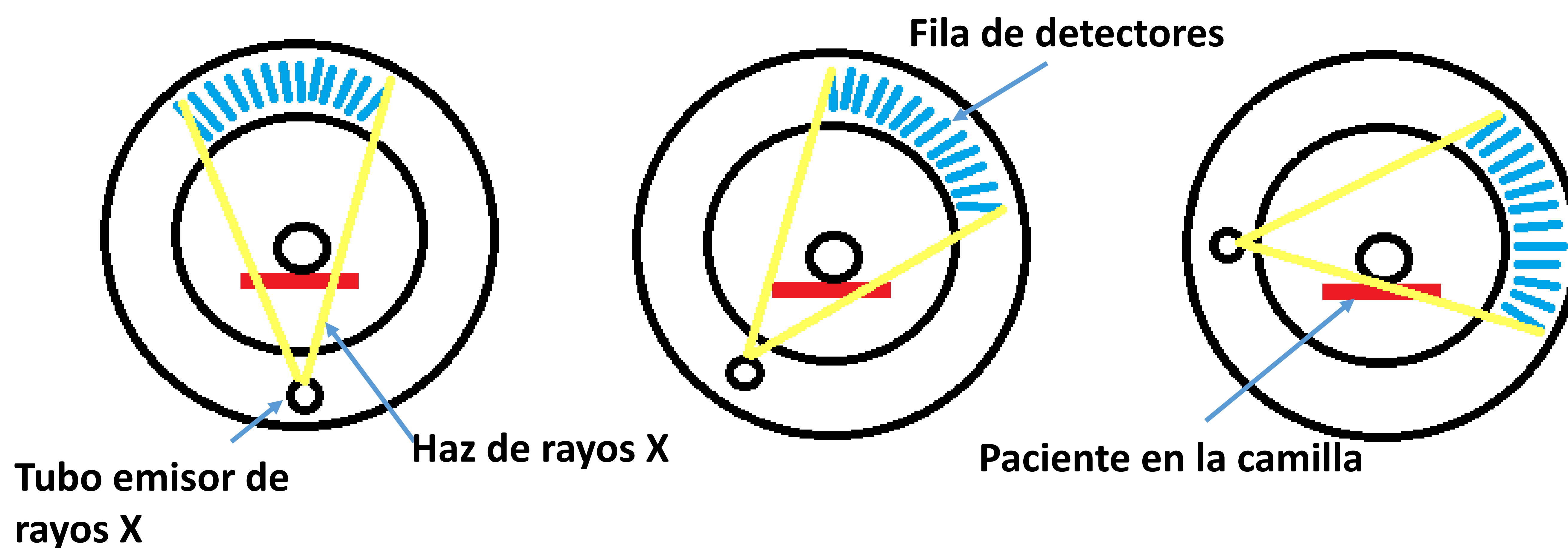
Hospital General Universitario Santa Lucía,
Cartagena.

TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE DOBLE ENERGÍA

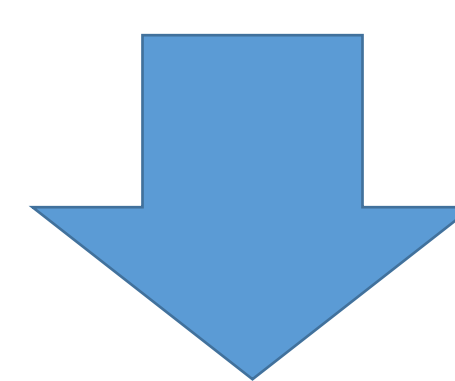
- Uno de los campos más novedosos y atractivos en la radiología actual.
- OBJETIVOS:
 - En qué consisten los estudios TCED y diferencias TC convencional
 - Qué tipos de equipos TCED hay en la actualidad
 - Aplicabilidad en los diferentes órganos y sistemas
 - Artefactos
 - Ventajas e inconvenientes

TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE ENERGÍA ÚNICA

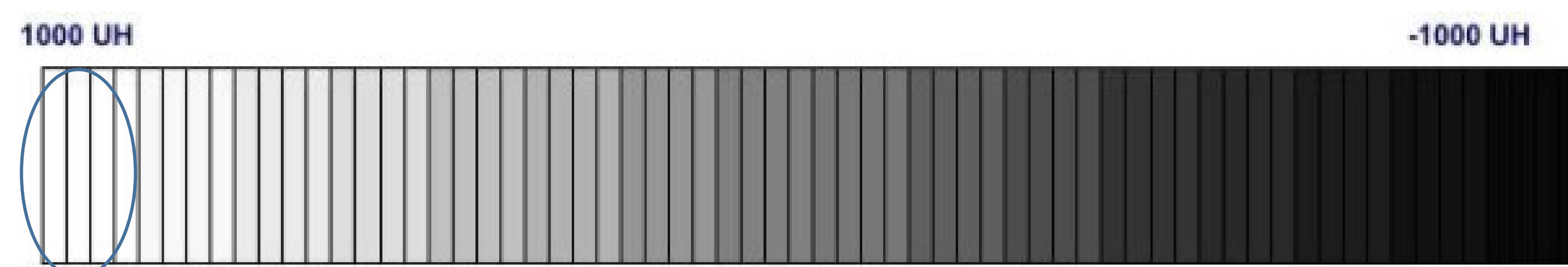
Información limitada sobre la composición de los tejidos investigados.



Las imágenes obtenidas representan la atenuación de los rayos X en un espectro de escala de grises



Mapa de densidad o absorción para cada vóxel expresado en UH.



Dos materiales con coeficientes de atenuación similares tendrán UH similares, a pesar de tener diferente nº atómico.

CALCIO

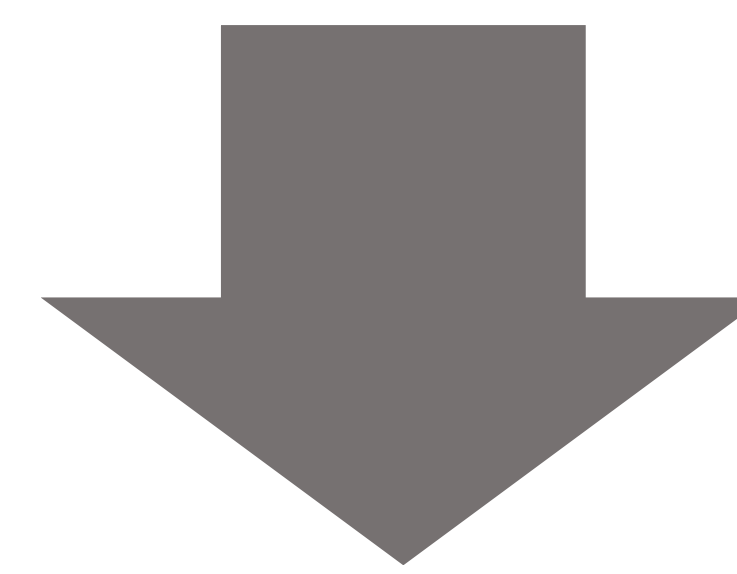
IODO

TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE ENERGÍA DUAL

ESPECTRO ENERGÍA BAJO KV

ESPECTRO ENERGÍA ALTO KV

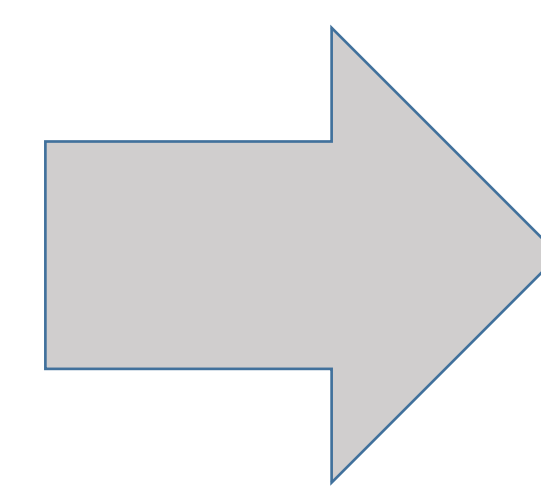
Obtención de datos de una determinada región anatómica empleando dos niveles diferentes de energía.



VARIACIONES EN EL COEFICIENTE DE ATENUACIÓN a diferentes energías

Predecir el COMPORTAMIENTO DE UN TEJIDO a distintas energías y CARACTERIZARLO



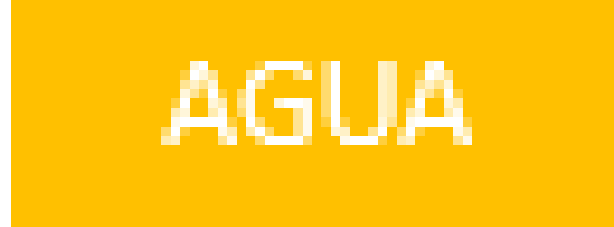

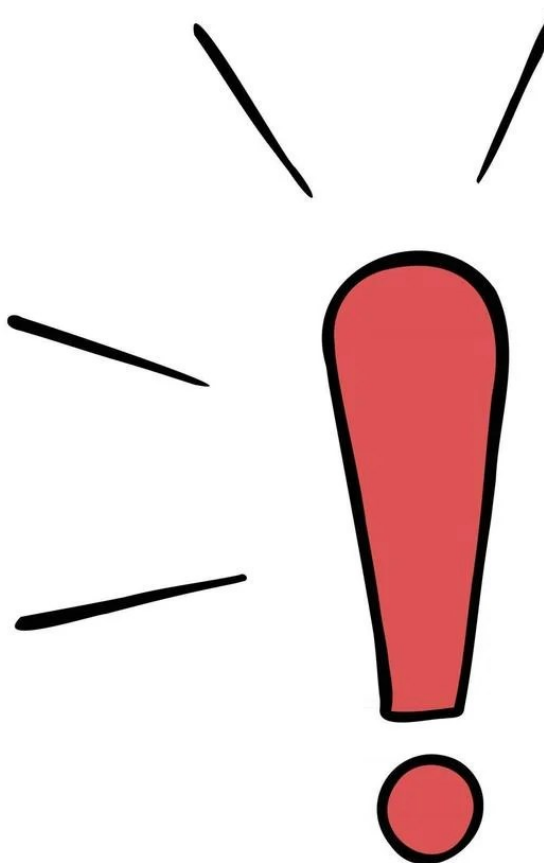




ANÁLISIS MORFOLÓGICO
(DENSIDADES)



CARACTERIZAR ELEMENTOS
QUÍMICOS

TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE ENERGÍA DUAL

Solo permite caracterizar los elementos que presentan una marcada diferencia de atenuación a distintos kilovoltios.

 kV	 AIRE	 AGUA	 GRASA		<p>Algunos elementos químicos como el aire, el agua y la grasa no experimentan cambios significativos en su atenuación a diferentes energías.</p>
 kV	 AIRE	 AGUA	 GRASA		

 kV	 IODO	 CALCIO	 ÁC. ÚRICO	 XENÓN	 GADOLINIO
 kV	 IODO	 CALCIO	 ÁC. ÚRICO	 XENÓN	 GADOLINIO

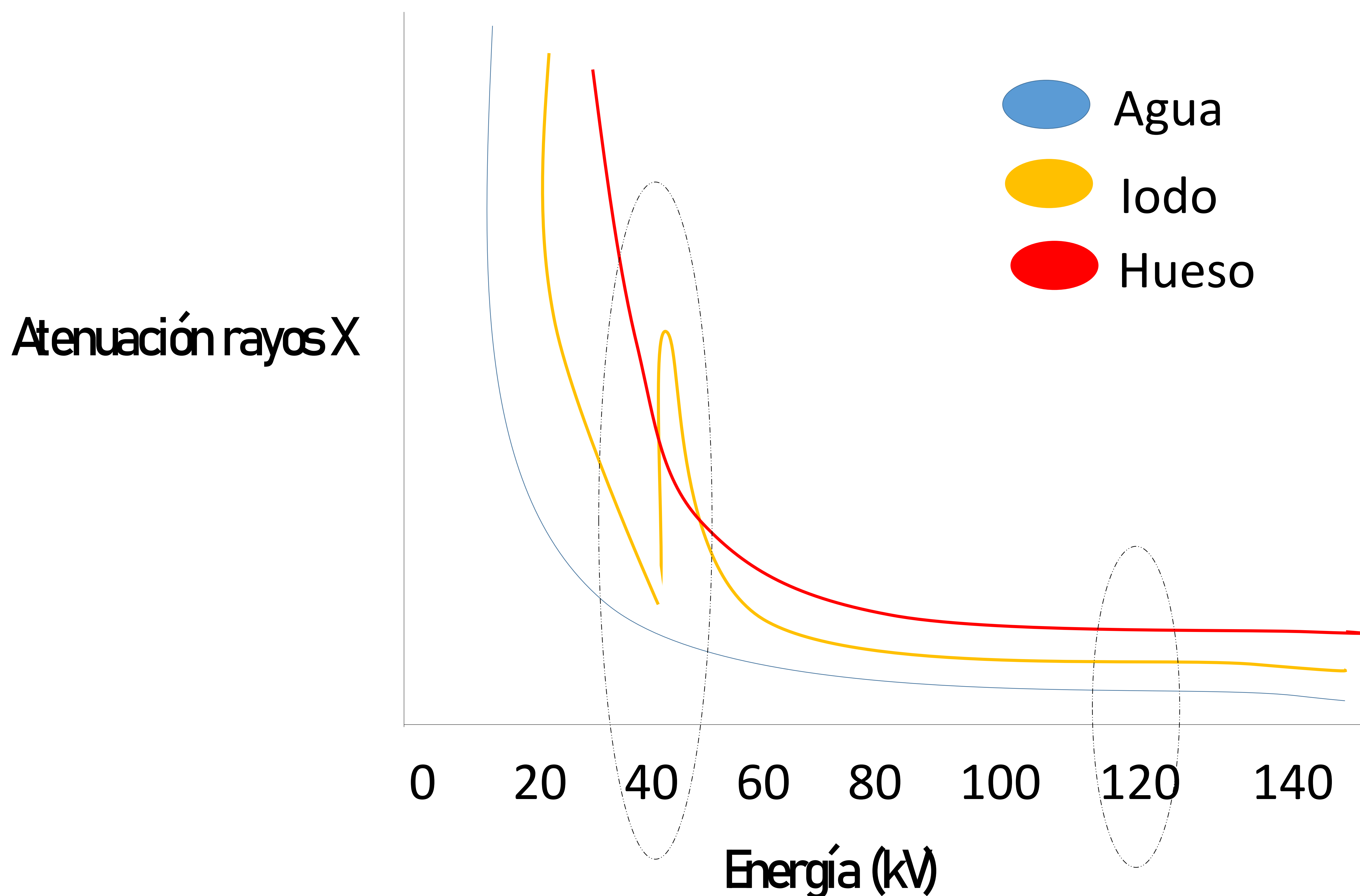
Otros como el yodo, el calcio, el ácido úrico, el xenón y el gadolinio sí experimentarán diferencias, lo que permite caracterizarlos.

Esto permite elaborar mapas específicos de elemento y sustracciones de elemento.

MAPAS ESPECÍFICOS ELEMENTO

SUSTRACCIONES ELEMENTO

FUNDAMENTOS TCED



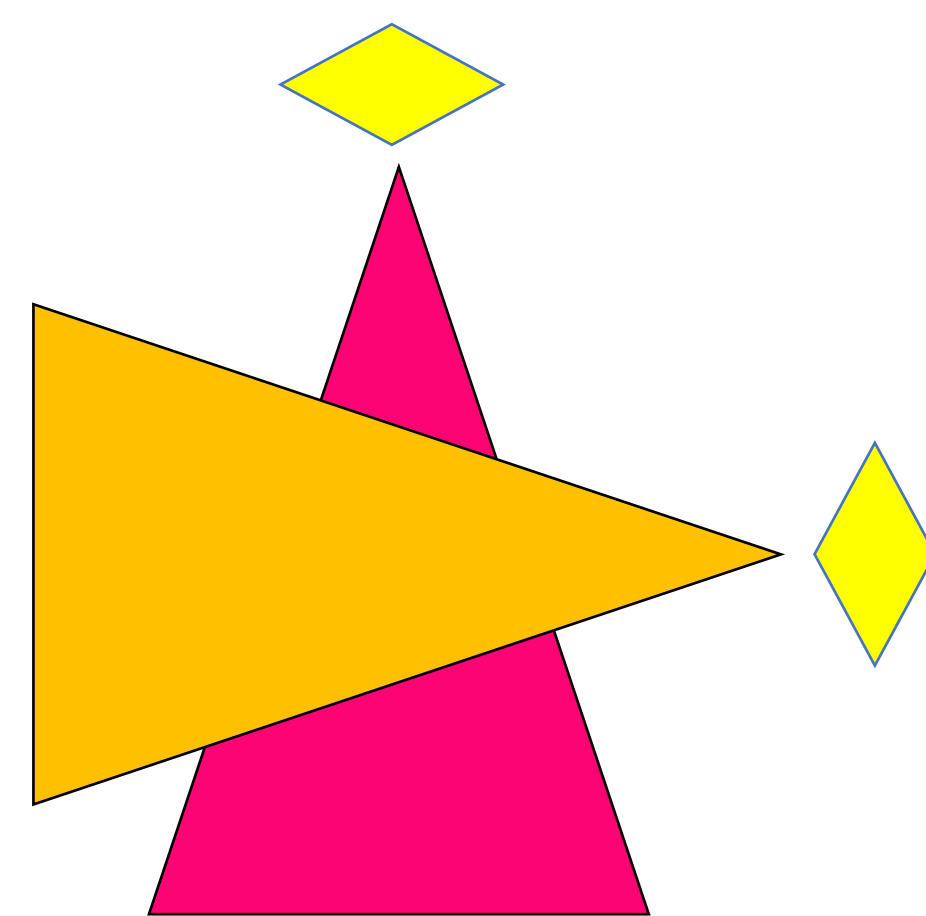
El iodo muestra una mayor disminución de la atenuación con respecto al calcio (hueso) a mayores kilovoltios, mientras que la atenuación del agua se mantiene más o menos constante a distintas energías.

EL FUNDAMENTO DE LA TCED ES
 CARACTERIZAR MATERIALES SEGÚN SU
 RESPUESTA A LOS DISTINTOS KV

EQUIPOS DETC DE DOBLE ENERGÍA

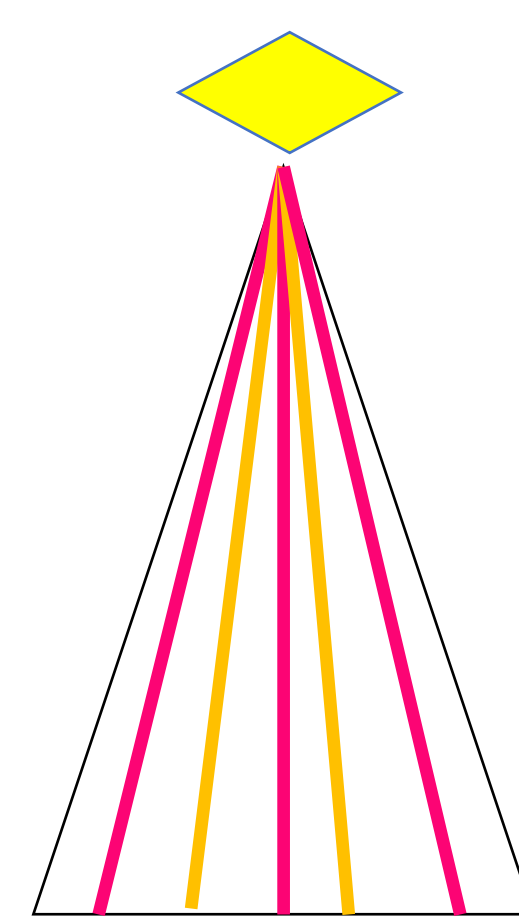
Varias formas de adquirir las imágenes en TCED dependiendo del tipo de equipos:

DOBLE FUENTE (SIEMENS)



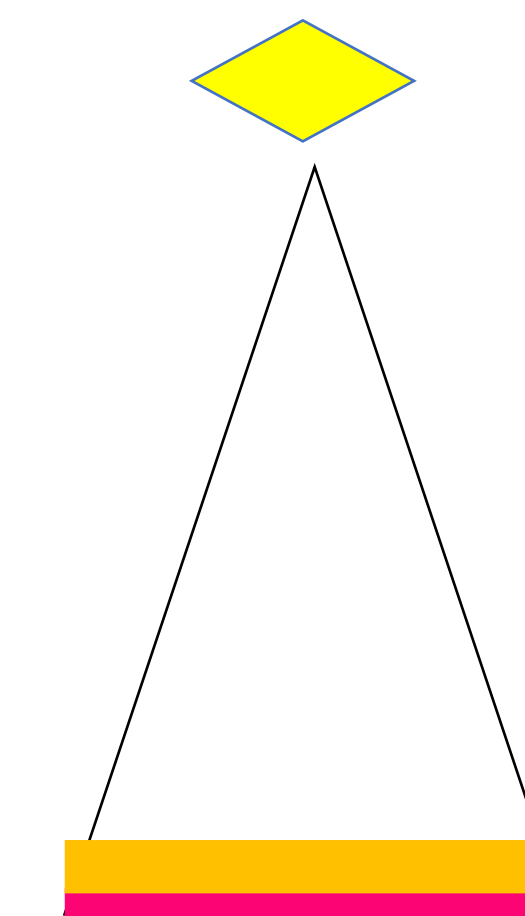
Dos fuentes emisoras con sus respectivos receptores

VARIACIÓN RÁPIDA DE VOLTAJE (GENERAL ELECTRIC)

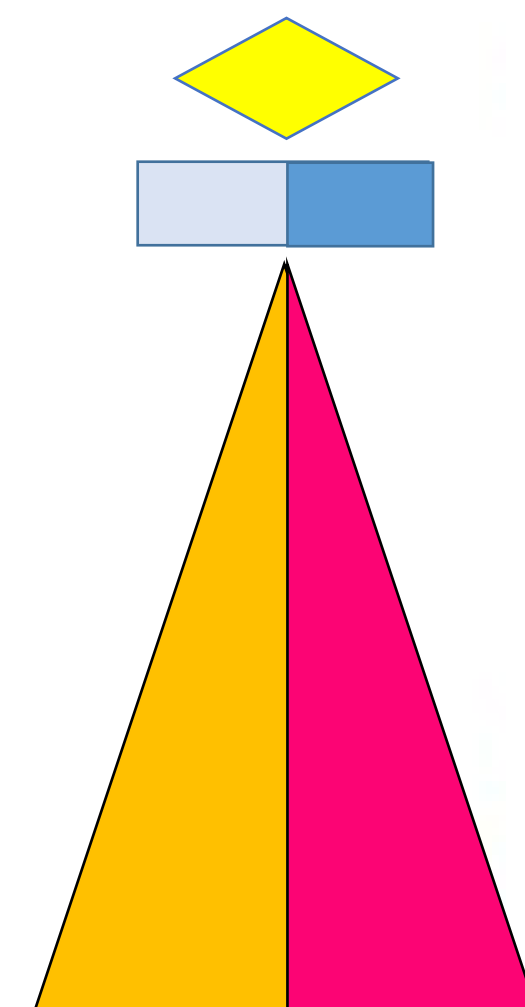


Una fuente emisora que va intercalando altas y bajos kV, recogidos por 1 receptor.

DETECTORES MULTICAPA (PHILIPS)

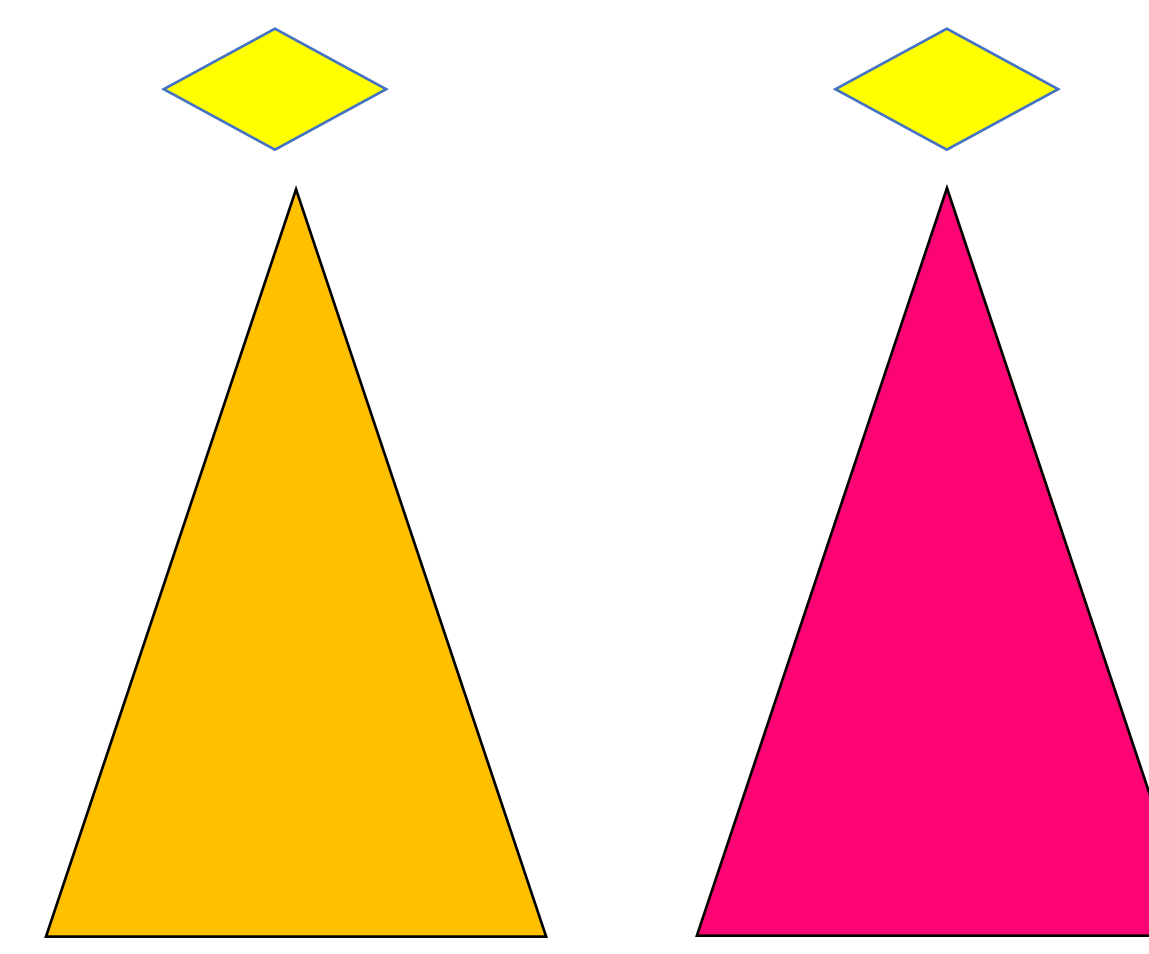


Una fuente emisora. Dos receptores superpuestos que recogen bajas y altas energías respectivamente.



DIVISIÓN FILTRO (SIEMENS)

Una fuente emisora con un filtro que divide el haz en dos espectros de altos y bajos kV, recogidos por 1 receptor.



DOBLE BARRIDO con TC convencional

Una primera adquisición con una fuente emisora a baja energía y otra a alta energía.

Imágenes adaptadas del artículo:
Goo HW, Goo JM. TC de energía dual: nuevo horizonte en imágenes médicas. Corea J Radiol. 2017 julio-agosto;18(4):555-569.

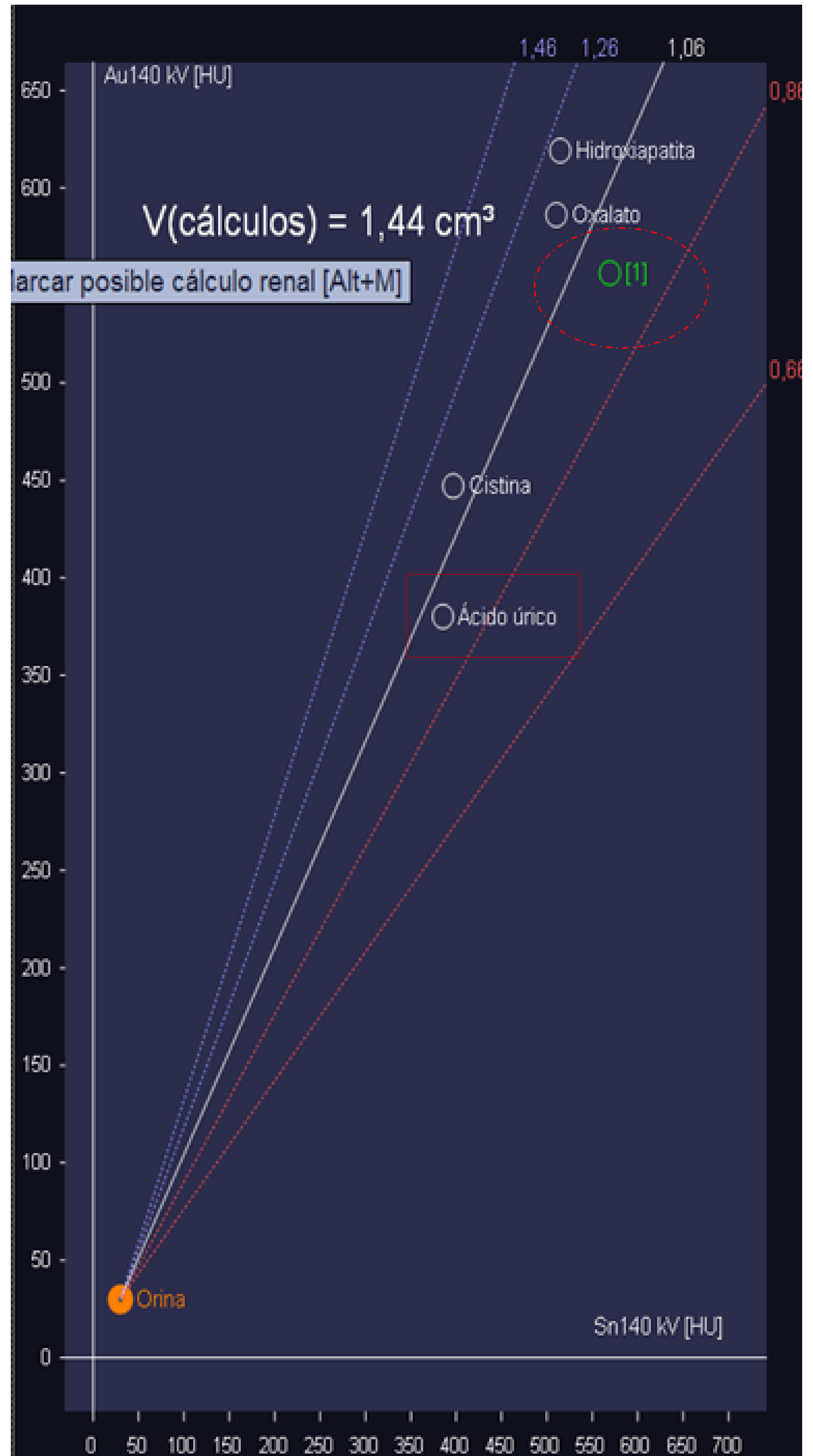
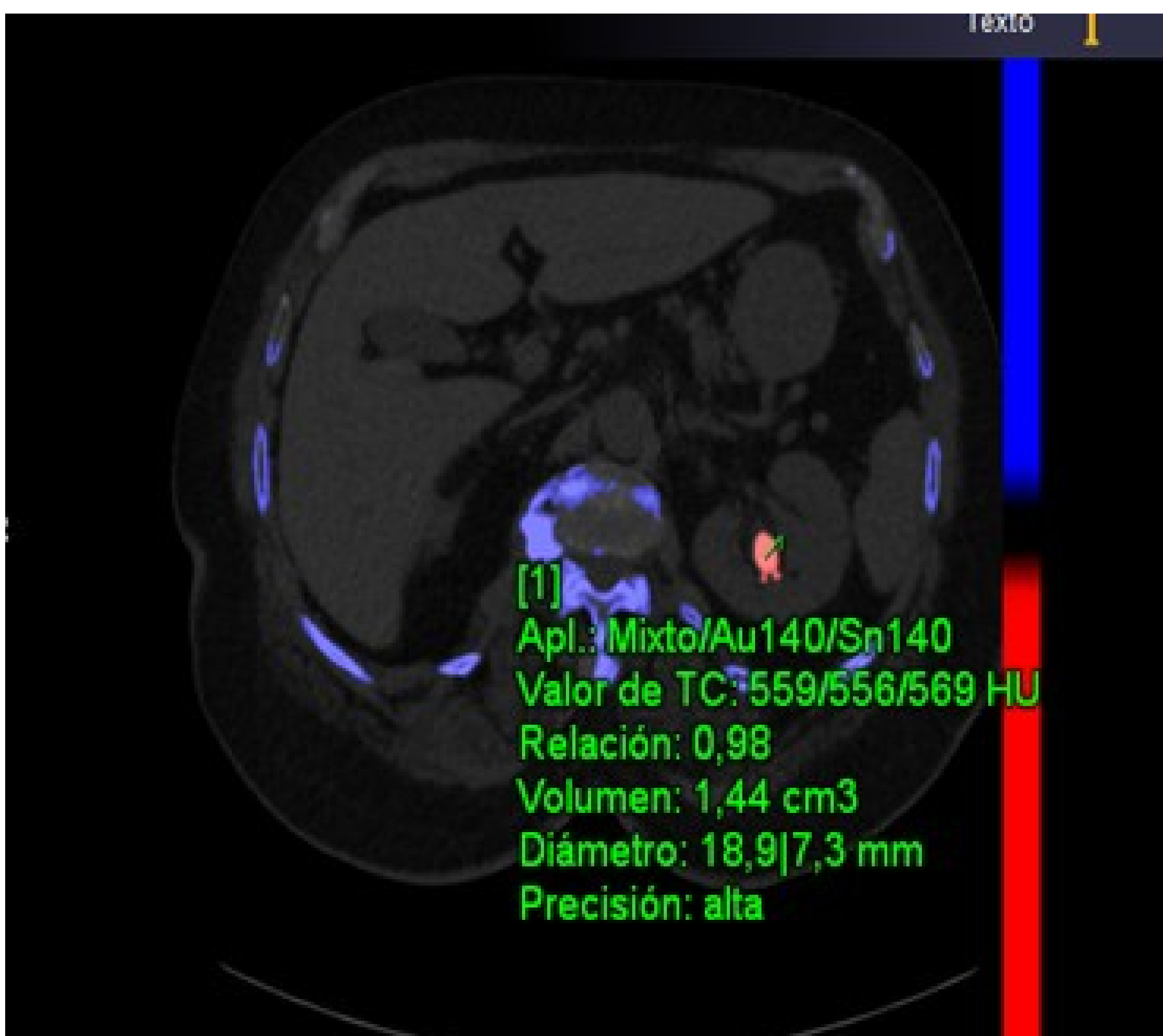
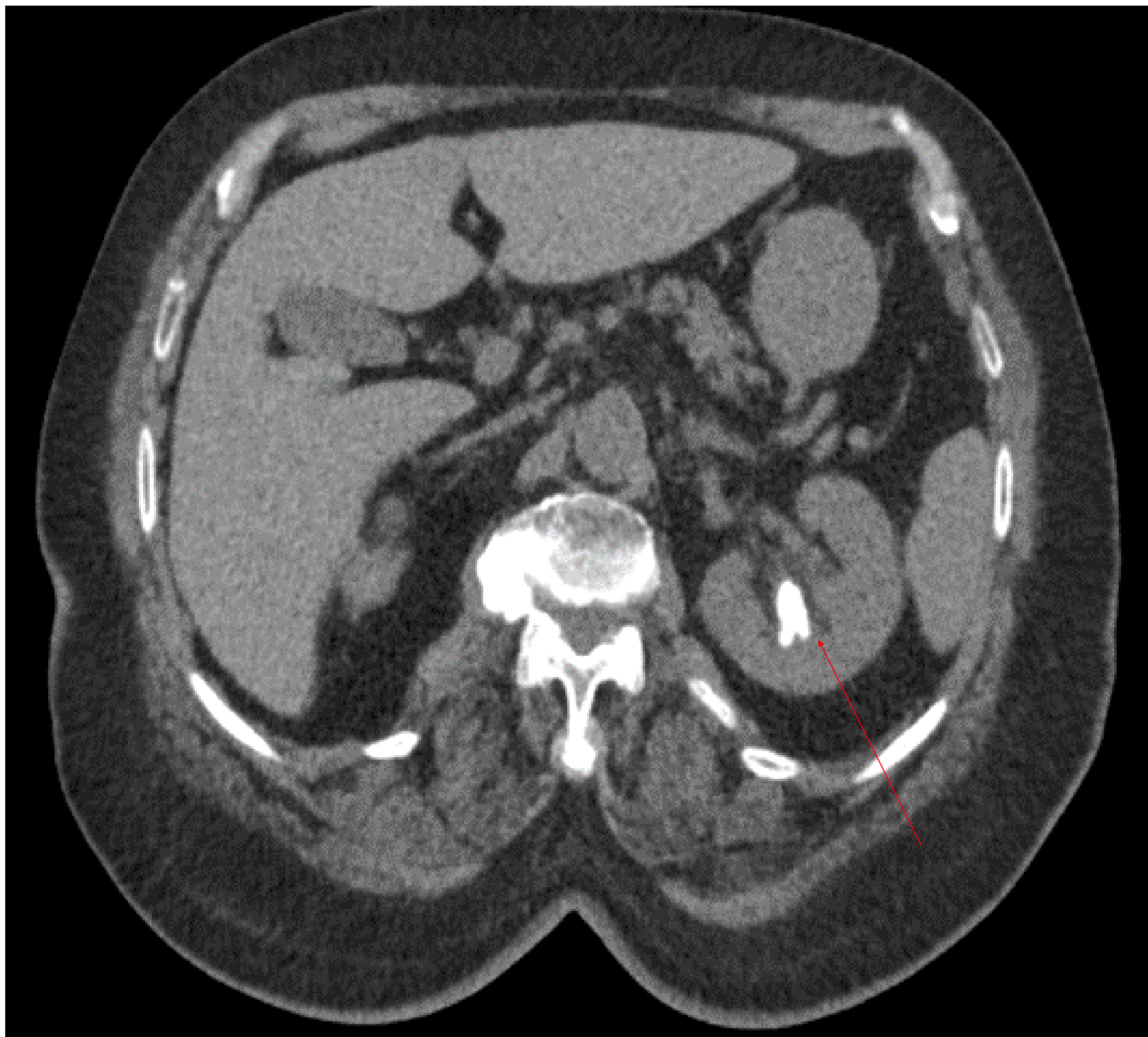
- Tubo emisor rayos X
- Filtro oro-estaño
- Baja energía (kV)
- Alta energía (kV)

Al conocer el comportamiento de los tejidos ante estas dos energías, permite predecir el comportamiento ante todo el espectro energético por interpolación de datos, así como caracterizar algunos elementos.

APLICABILIDAD EN ÓRGANOS Y SISTEMAS

- Caracterizar composición de litiasis urinarias.
- Estudio de edema óseo.
- Diferenciación de realces iodo-hemorragia.
- Caracterización de incidentalomas.
- Estudio de perfusión pulmonar en el tromboembolismo pulmonar.
- Detección de gota.
- Resaltar realces de contraste con mapas de iodo específicos.
- Detectar zonas con ausencia de realce (focos necrosis o isquemia).
- Estudio de perfusión miocárdica.
- Sustracción de elementos (eliminación de calcio).

DETERMINAR COMPOSICIÓN LITIASIS



La litiasis marcada queda representada en el eje x-y con unas características similares al ácido úrico.

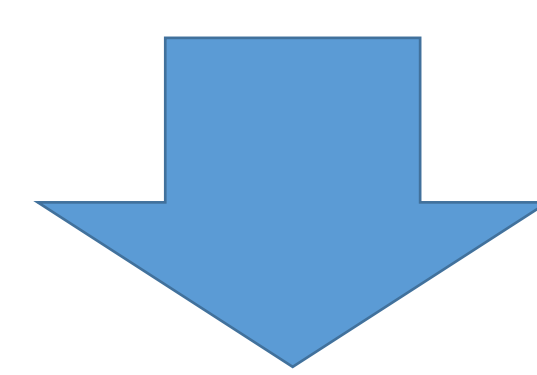
CARACTERIZAR LESIONES INCIDENTALS



Lesión renal densa en estudio con contraste iv.



Desaparición de la hiperdensidad en estudio sin contraste virtual.



**Lesión realzante con contraste
(Hipernefroma).**

DIFERENCIACIÓN REALCE Y ODO-HEMORRAGIA

MATERIAL	IMAGEN MIXTA	MAPA DE YODO	TC SC VIRTUAL
YODO	Hiperdenso	Hiperdenso	Isodenso
HEMORRAGIA	Hiperdensa	Isodensa	Hiperdensa
YODO + HEMORRAGIA	Hiperdensidad	Hiperdensidad	Hiperdensidad

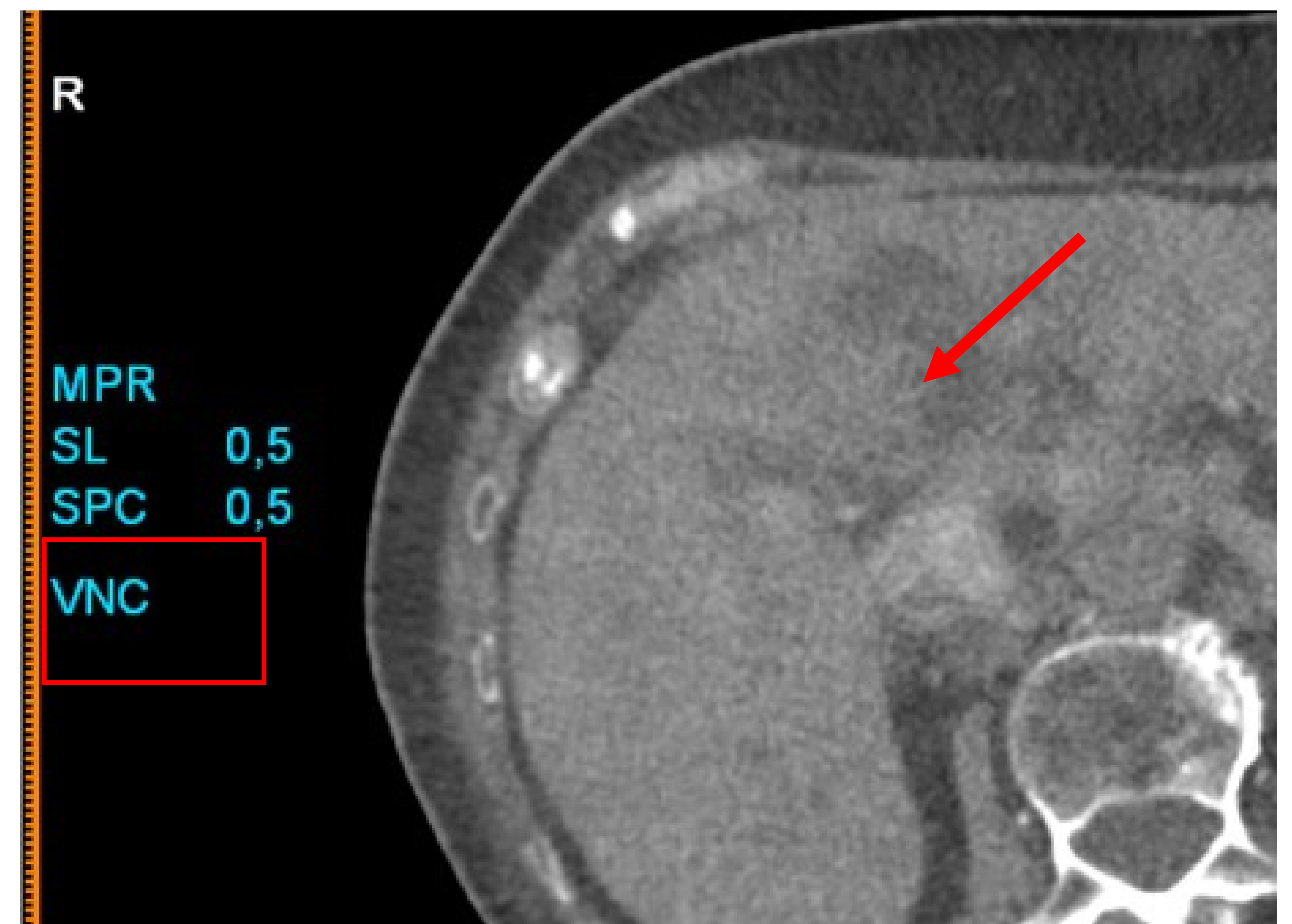
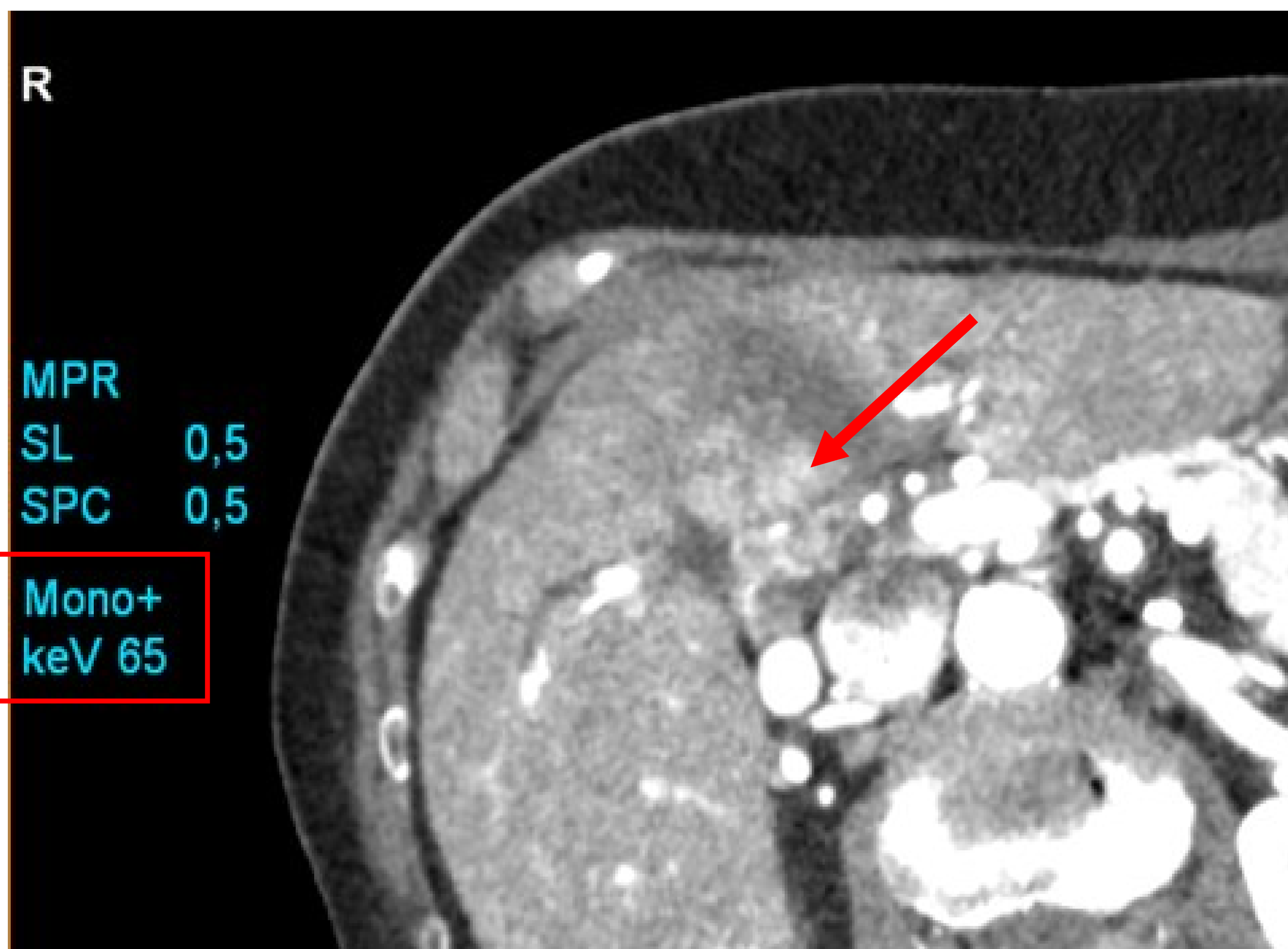
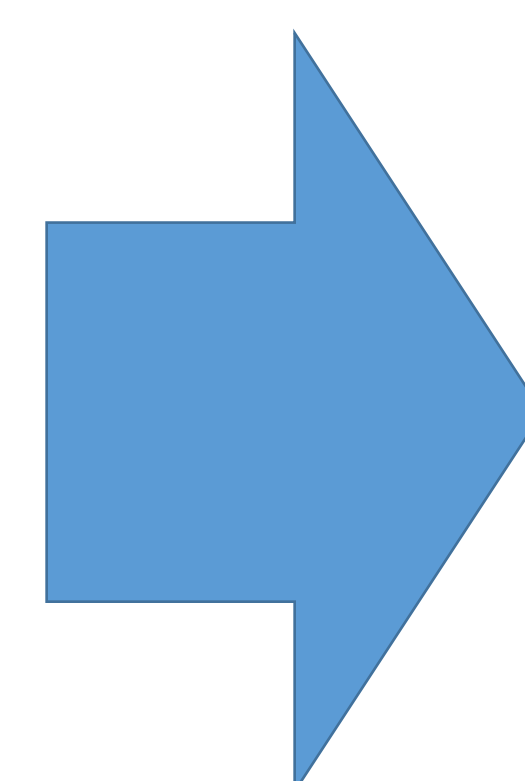


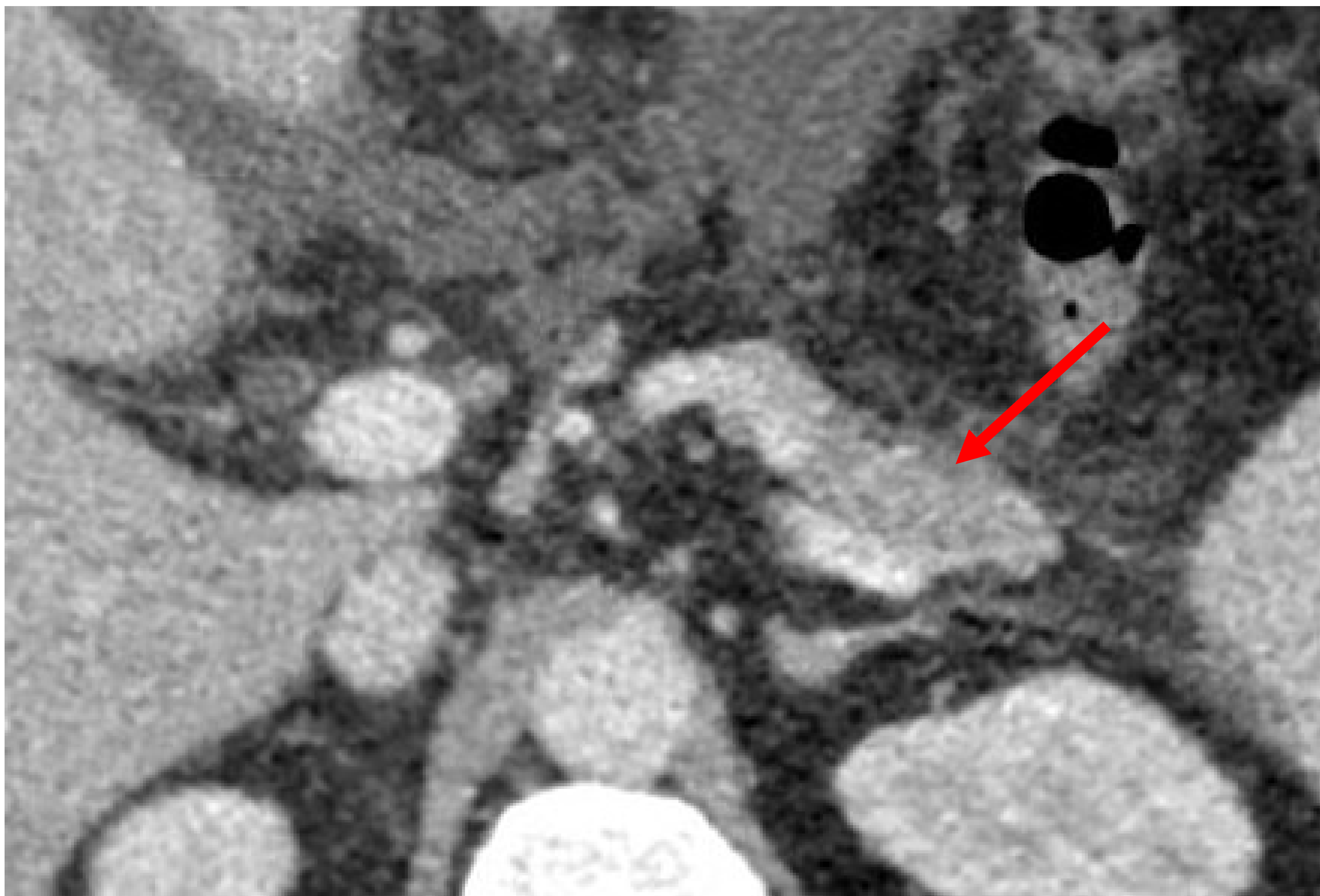
Imagen hiperdensa mal delimitada en estudio con contraste. (Lesión focal vs sangrado)



Desaparece hiperdensidad en reconstrucción sin contraste virtual.

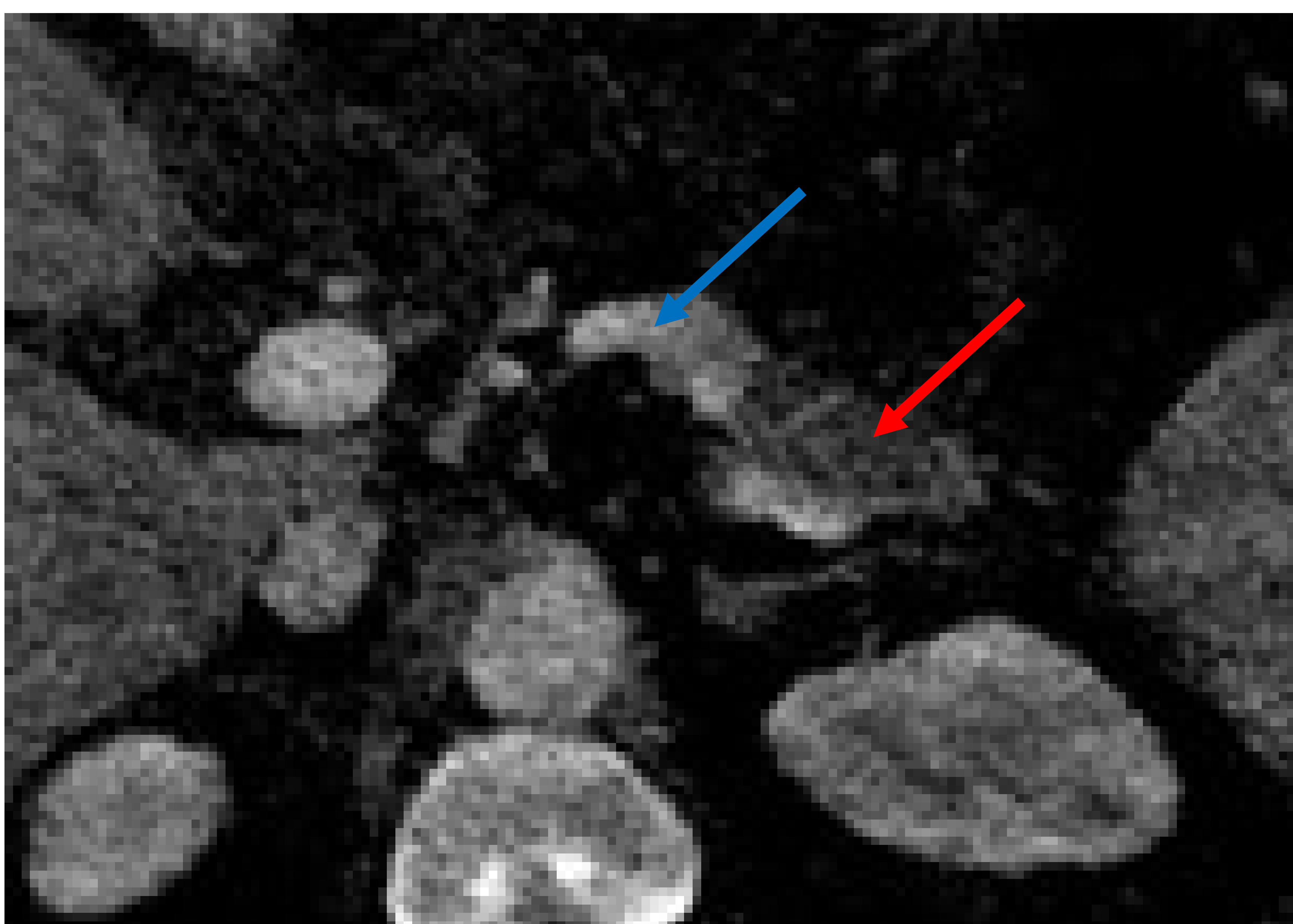
Diagnóstico de lesión focal hepática y descarta sangrado.

RESALTA FOCOS DE AUSENCIA DE REALCE



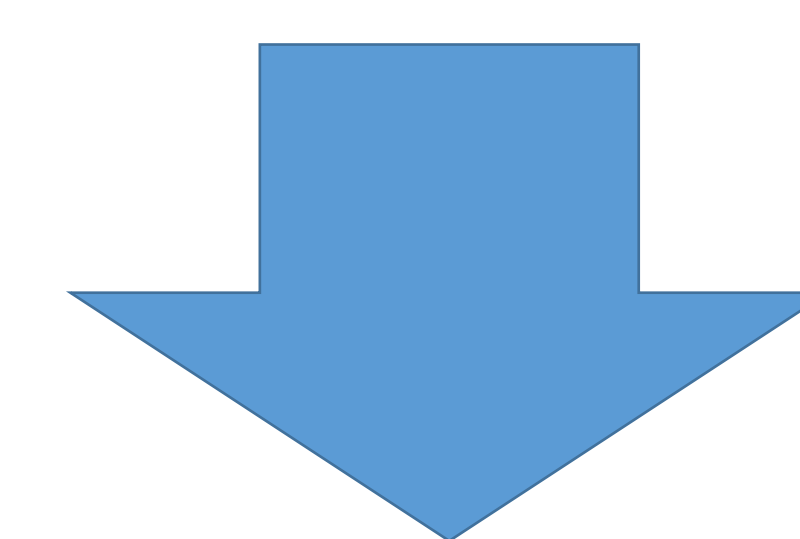
TC abdominal con contraste iv.

Paciente con pancreatitis con mala evolución clínica. En TC de abdomen con contraste se observa una tenue área de menor realce en la cola pancreática que puede pasar desapercibida.



Reconstrucción sin contraste virtual en TC dual.

Al hacer la reconstrucción sin contraste virtual se puede apreciar claramente la ausencia de realce de la cola pancreática, que se visualiza hipodensa (flecha roja) y el resto de la glándula pancreática, que realza adecuadamente (flecha azul).



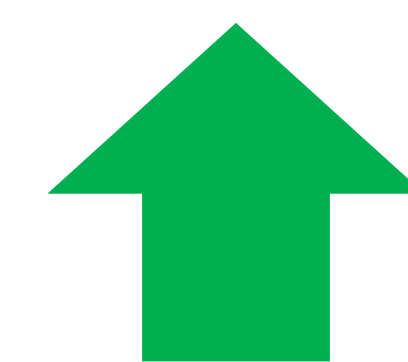
Diagnóstico de foco de necrosis en cola pancreática.

REDUCCIÓN DE ARTEFACTOS METÁLICOS

Variación del kilovoltaje



kV (55 kV)



kV (70 kV)

MEJORA EL CONTRASTE DE LA IMAGEN (POTENCIA YODO),

DISMINUYE ARTEFACTOS

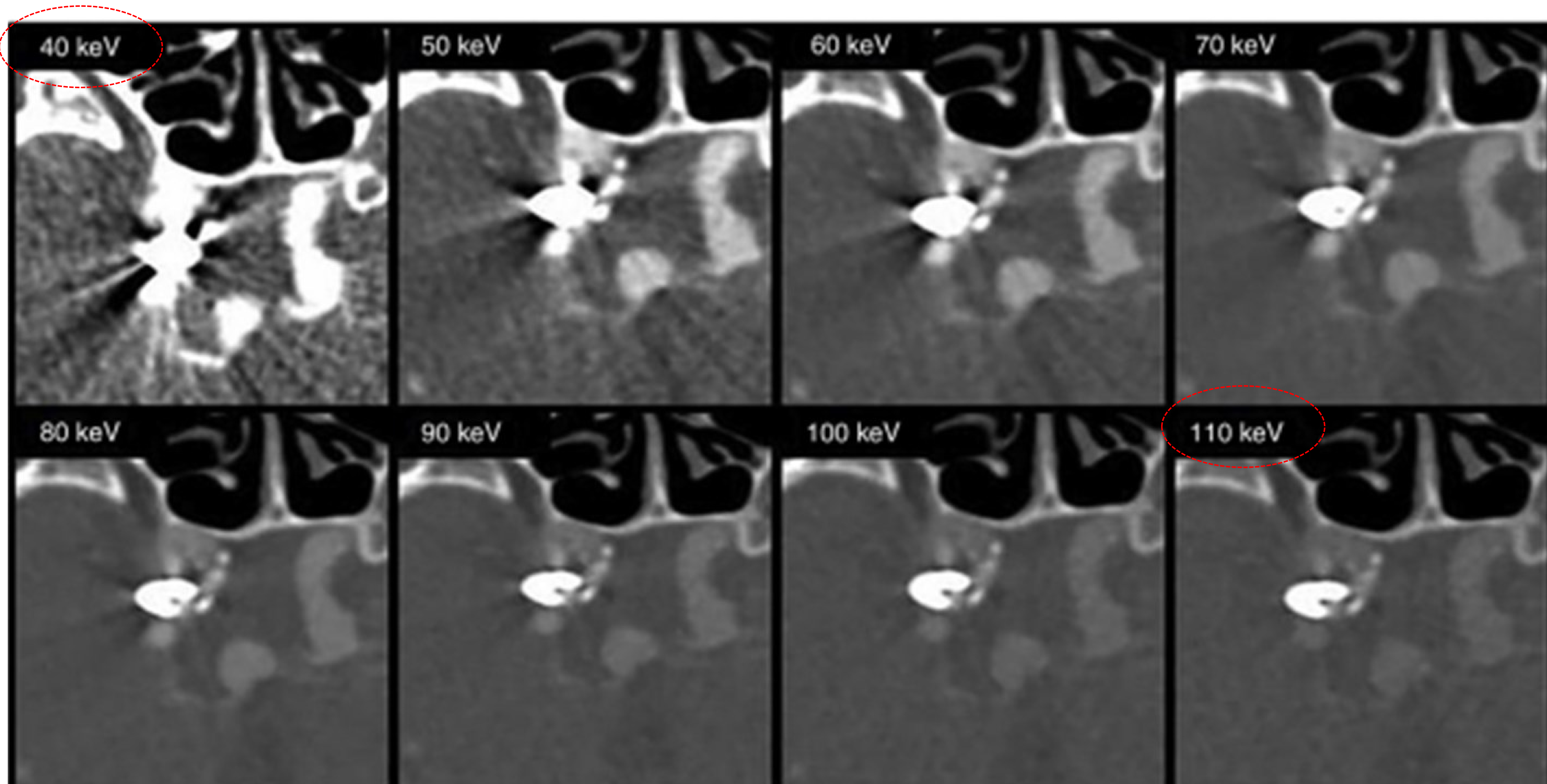


Imagen de: D. Mera Fernández et al.. Utilidad de la tomografía computarizada de energía dual en la reducción del artefacto metálico generado por clips y coils intracraneales, Radiología, Volume 60,2018, Page 315.

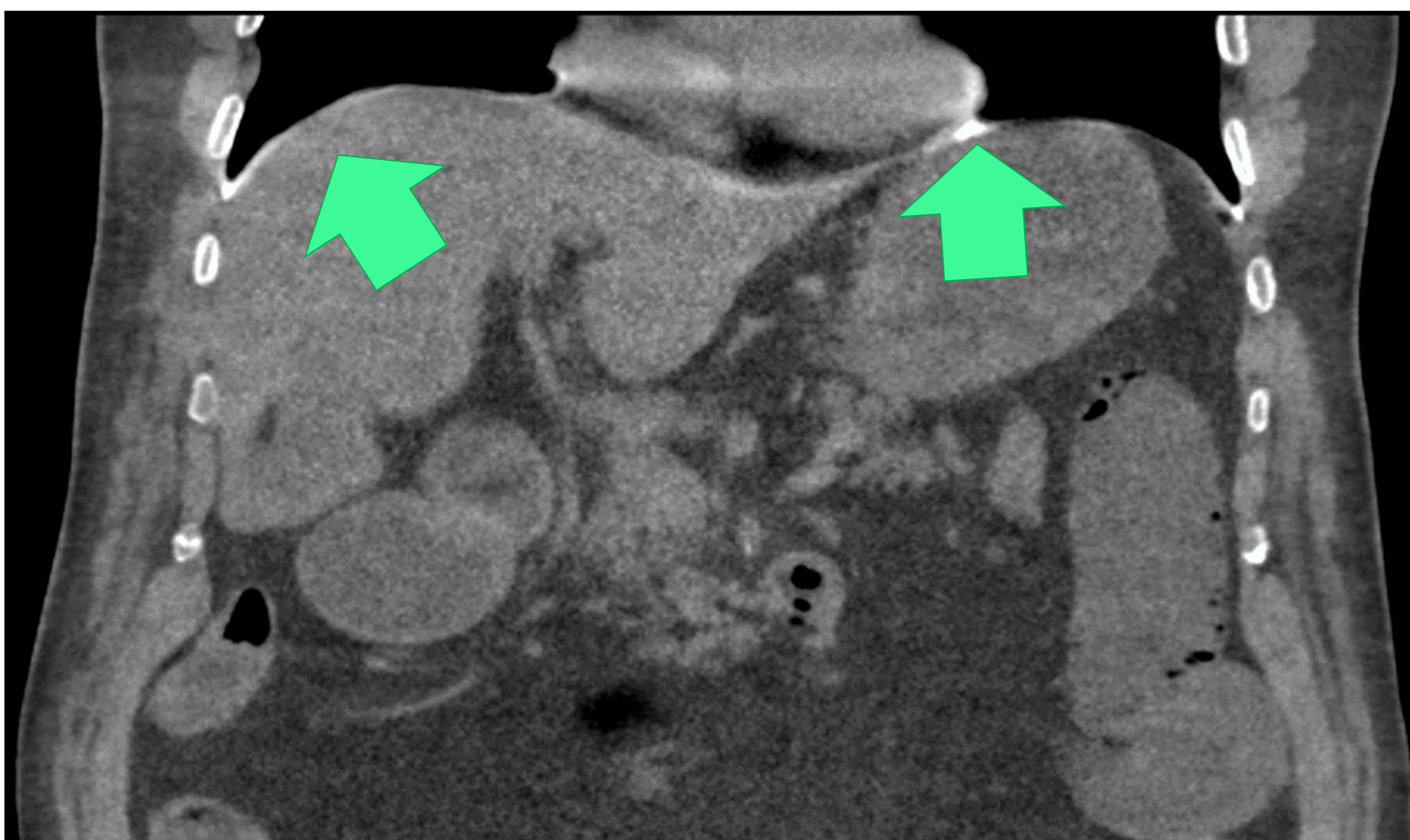
Paciente con clip en el segmento supraclinoideo de la ACM derecha.

Se observa una reducción progresiva de la cantidad de artefacto metálico con cada incremento en kV de la reconstrucción.

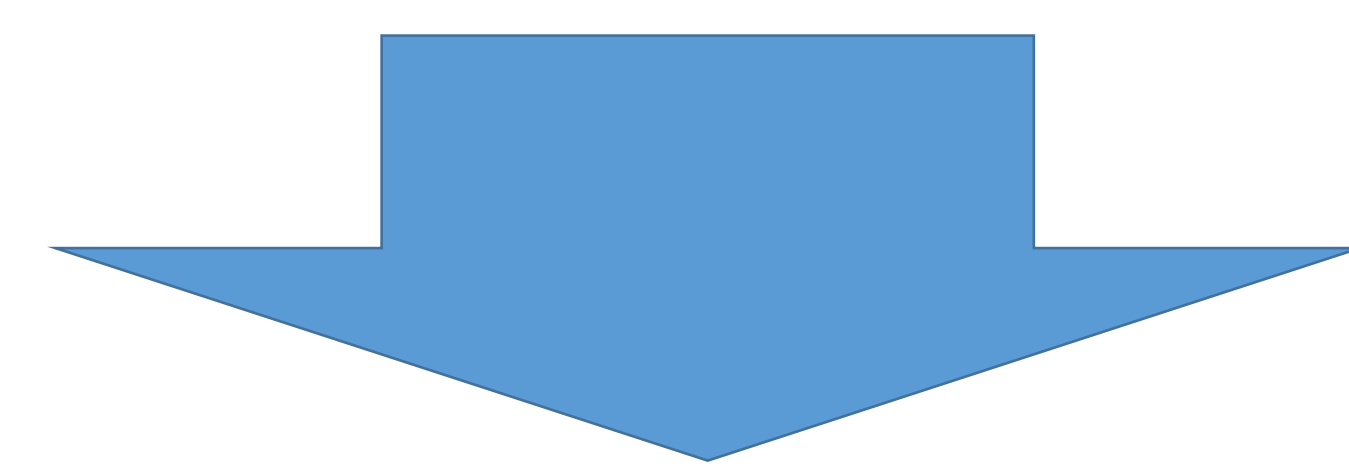
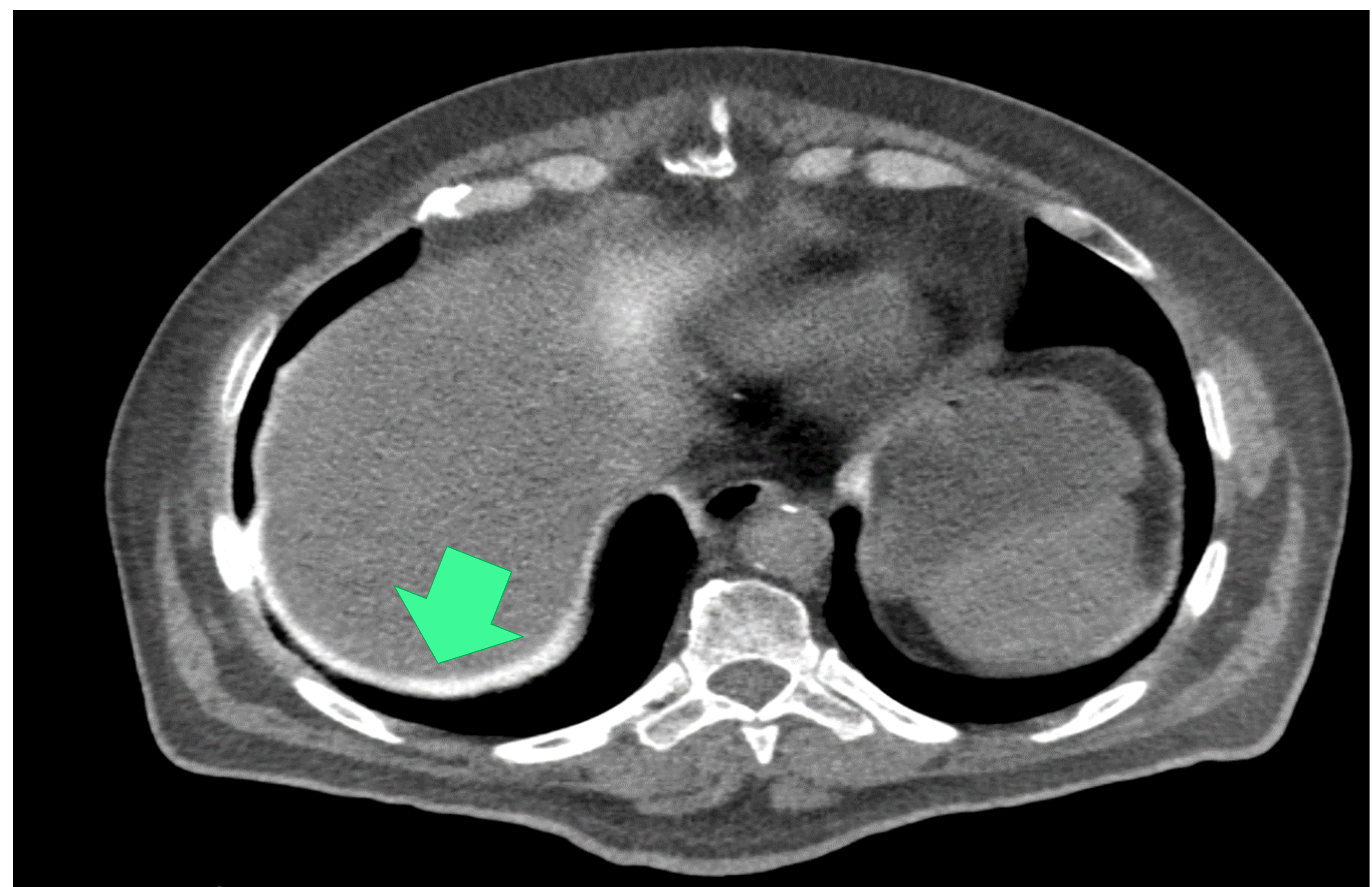
ARTEFACTO MOVIMIENTO

Los artefactos en el TC son la manifestación de la **diferencia de atenuación** entre el **verdadero coeficiente de atenuación de un objeto** en la proyección del espacio y su **reconstrucción en la imagen del TC**.

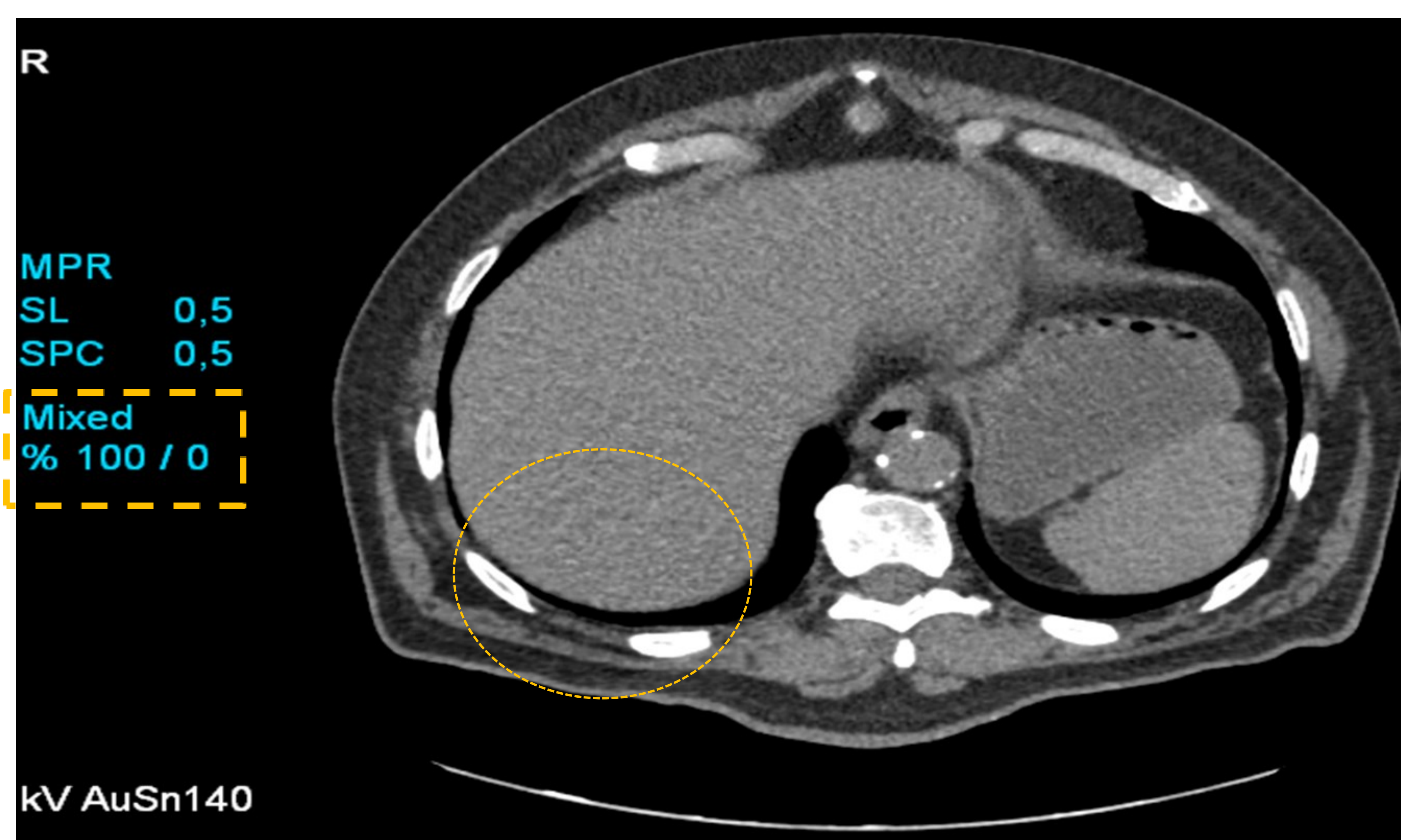
En el TC dual se observan frecuentemente artefactos en las cúpulas diafragmáticas por el movimiento y por la interfaz de tejidos blandos-aire, que también sucede en las asas intestinales.



INTERFACES TEJIDOS BLANDOS-AIRE



En los equipos con interposición de filtro se pueden realizar reconstrucciones mixtas (recuadro amarillo), que permiten variar cuánto participación queremos que tenga cada uno de los filtros en la imagen. Vemos como al poner 100% de participación de uno de los filtros desaparece el artefacto, lo que nos ayuda a identificarlo.



ARTEFACTOS

- **Pacientes obesos:** Ruido muy alto. Malos candidatos TC dual.
- **Cantidad de yodo administrada:** si la densidad de contraste es muy alta Yodo residual en VNC.
- **Registro temporal incorrecto:**
 - TC dual división filtro: menor artefacto (movimiento interno órganos)
 - TC doble fuente : mayor artefacto (movimiento interno órganos + movimiento cuerpo)
- **Selección inadecuada del núcleo:** Pseudorrealces en mapas de yodo o de ácido úrico (Falsos positivos)

DOSIS DE RADIACIÓN

- Los equipos de doble energía de segunda o tercera generación permiten realizar estudios con la **misma calidad con una menor dosis de radiación. PERMITE PRESCINDIR DEL ESTUDIO BASAL.**
- La mejor compensación entre el contraste de imagen y los artefactos se encontró a **80 kV** en las reconstrucciones monoenergéticas sin objetivarse artefactos.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA TCED

VENTAJAS

- Aumento de la sensibilidad diagnóstica
- Disminución de la dosis de radiación
- Disminución de la dosis de contraste
- Reducción de artefactos

INCONVENIENTES

- Aumento del nº imágenes
- Mayor complejidad interpretativa
- Alto coste de los equipos
- Separación espectral de pocos elementos

CONCLUSIONES

- La TC con adquisición de energía dual representa uno de los mayores avances en TC que ha permitido superar algunas de las importantes limitaciones de la TC convencional.
- La utilización de dos energías del haz diferente permite caracterizar algunos elementos químicos y facilitar el diagnóstico. Podemos obtener mapas de yodo, calcio o sin contraste.
- Obtención de imágenes de alta calidad con disminución de dosis de radiación y contraste.
- La comprensión de los fundamentos físicos sobre los cuales se sustenta la energía dual resulta esencial para evaluar adecuadamente los resultados de estos estudios.