

**seram**

Sociedad Española de Radiología Médica

**34**

Congreso Nacional

PAMPLONA  $\frac{24}{27}$  MAYO 2018

Palacio de Congresos Baluarte

23 mayo Cursos Precongreso

# Utilidad del TCMD de baja dosis en el seguimiento del nódulo pulmonar solitario

**Sara Higuero Hernando**<sup>1</sup>, Rodrigo Blanco Hernández<sup>1</sup>, Roberto D. Tabernero Rico<sup>1</sup>, Bianca Prieto Hernández<sup>1</sup>, Ignacio Martín García<sup>1</sup>, Antonio Ginés Santiago<sup>2</sup>  
Complejo asistencial de Zamora, Zamora, España  
Hospital Universitario Río Hortega, Valladolid, España

## Objetivo docente:

Describir las estrategias de reducción de dosis en la TC para optimizar los protocolos y así poder hacer un seguimiento del nódulo pulmonar solitario (NPS), garantizando una correcta caracterización con la menor dosis posible.

## Revisión del tema:

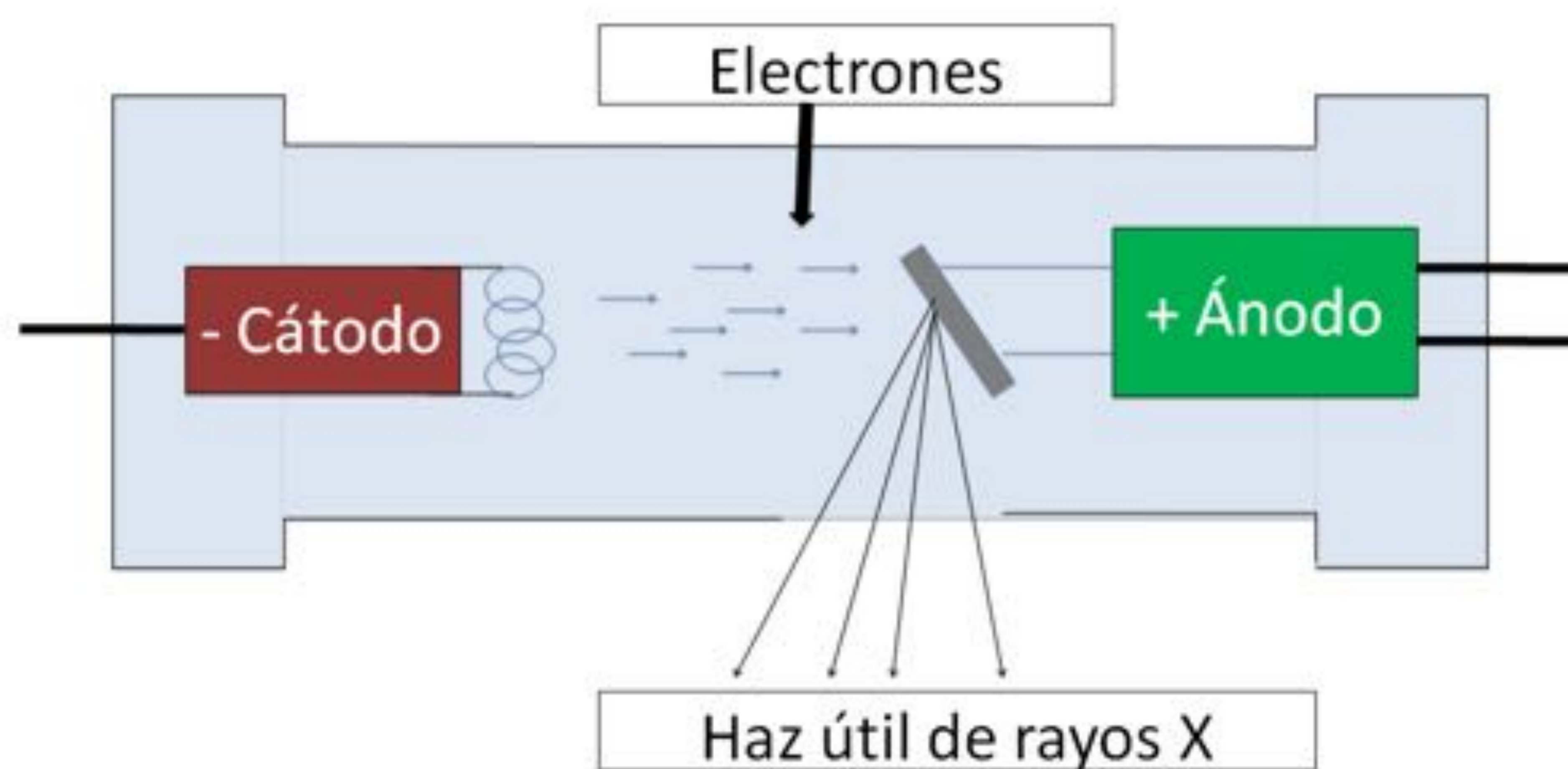
### Introducción:

La TCMD es la exploración inicial fundamental en el estudio del NPS, ya que permite detectar nódulos de pequeño tamaño así como una correcta caracterización de los mismos. Sin embargo, estos pacientes pueden llegar a necesitar múltiples controles, por lo que existe una preocupación por la dosis de radiación que ello supone.

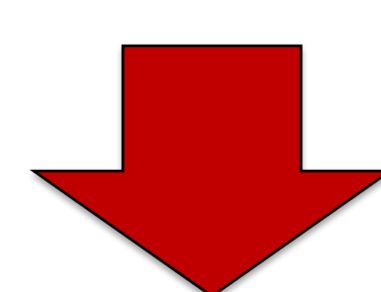
### ¿Cómo reducir la dosis de radiación?

Para ello hay que conocer los parámetros fundamentales en Radiodiagnóstico:

Tubo de rayos X: consta de un **cátodo** (filamento) y un **ánodo** metálico (de tungsteno o molibdeno), encerrados en una cápsula de vidrio donde se ha hecho vacío.



1. El filamento de tungsteno del cátodo se calienta haciendo circular por él una corriente eléctrica (**miliamperios**)  $\longrightarrow$  **emisión de electrones**.
2. Estos electrones se aceleran hacia el ánodo debido a la elevada diferencia de potencial entre ambos causada por un generador de alto voltaje (**Kilovoltios**).
3. Al incidir en el ánodo, los electrones se deceleran bruscamente



**Emisión de rayos X y de calor.**

La energía de los rayos X dependerá de:

- La diferencia de potencial entre el cátodo y el ánodo (**kilovoltaje**).
- El material con que esté fabricado el foco del ánodo.

La dosis o cantidad de rayos X que se emitan dependerá:

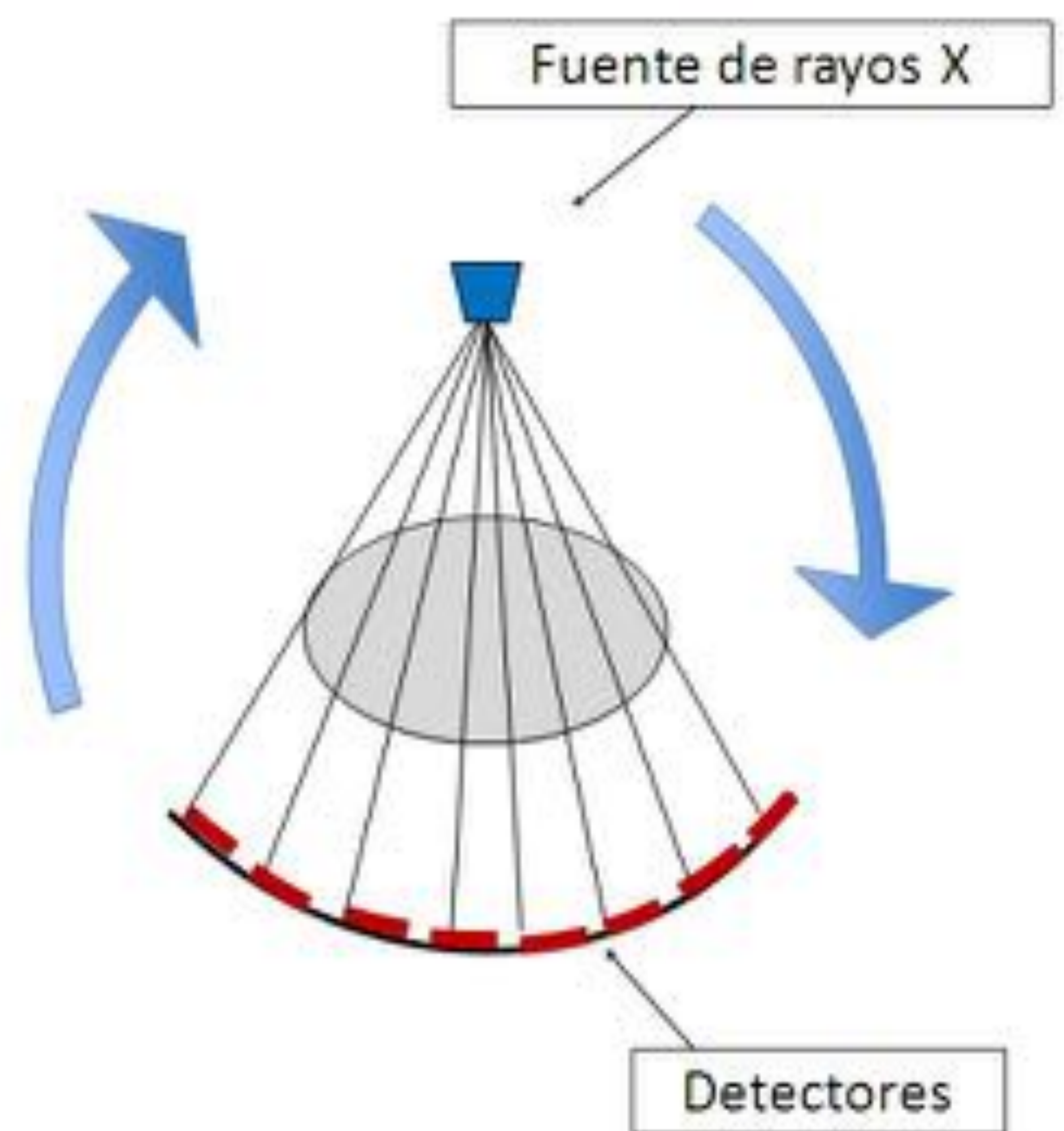
- La corriente del cátodo (**miliamperaje**).
- El tiempo de exposición

### Imagen por TC:

Para obtener una imagen por TC se requiere de la medición de la intensidad de los rayos X que atraviesan diferentes secciones del cuerpo humano en un gran número de direcciones angulares.

Esto se consigue mediante un conjunto compuesto por un tubo emisor de rayos X y una serie de detectores enfrentados al tubo que rotan alrededor del paciente.

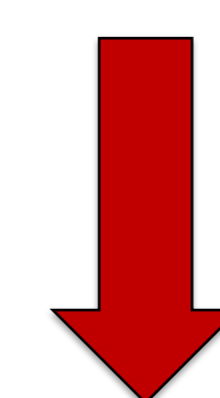
La tensión o voltaje del tubo tiene que ser relativamente alto (120-140 kV) para garantizar una adecuada transmisión de los rayos X y que así lleguen suficientes fotones a los detectores.



La dosis efectiva dependerá de los parámetros de adquisición empleados, y será mayor cuanto mayor sean:

1. Volumen estudiado.
2. Voltaje del tubo.
3. Intensidad de corriente del tubo.
4. Tiempo de rotación.
5. Factor de paso o pitch.
6. Colimación del haz.

Todos ellos modifican en sentido inverso el ruido en la imagen



Al disminuirlos reducimos la **radiación** pero aumentamos el **ruido**.

Las estrategias para optimizar la dosis de TC obteniendo la información diagnóstica de interés son:

1. Modulación de la corriente del tubo (mA).
2. Variación del voltaje del tubo (kV).
3. El uso de reconstrucciones posteriores.
4. Revisión de los protocolos del TC.

### **TCMD de tórax de baja dosis:**

Debido al contraste natural que proporciona el aire del pulmón, se pueden emplear dosis de radiación bajas en la TC de tórax, disminuyendo tanto el kilovoltaje como el miliamperaje.

De este modo se puede obtener la información necesaria en un gran número de situaciones como: en la urgencia, planificación de biopsias pulmonares o incluso se ha planteado en el screening del cáncer de pulmón.

Una de las situaciones en las que supone una reducción significativa de la dosis de radiación es en el seguimiento del nódulo pulmonar solitarios (NPS), que implica la realización de sucesivos TC durante al menos 2 años.

La TCMD es la técnica diagnóstica inicial fundamental en el estudio del NPS ya que detecta nódulos pulmonares de pequeño tamaño y permite una adecuada caracterización de los mismos.

Otras ventajas de la TCMD son: detección de otros hallazgos como la existencia de adenopatías o lesiones extraparenquimatosas, permite planificar la biopsia e incluso en algunos casos se puede llegar a un diagnóstico específico.

El protocolo de TC de baja dosis para el seguimiento del NPS que proponemos y realizamos en nuestro centro consiste en disminuir el miliamperaje manteniendo un kilovoltaje de 120 kV (o 130 kV en función del aparato), para así garantizar que lleguen suficientes fotones a los detectores en la TC.

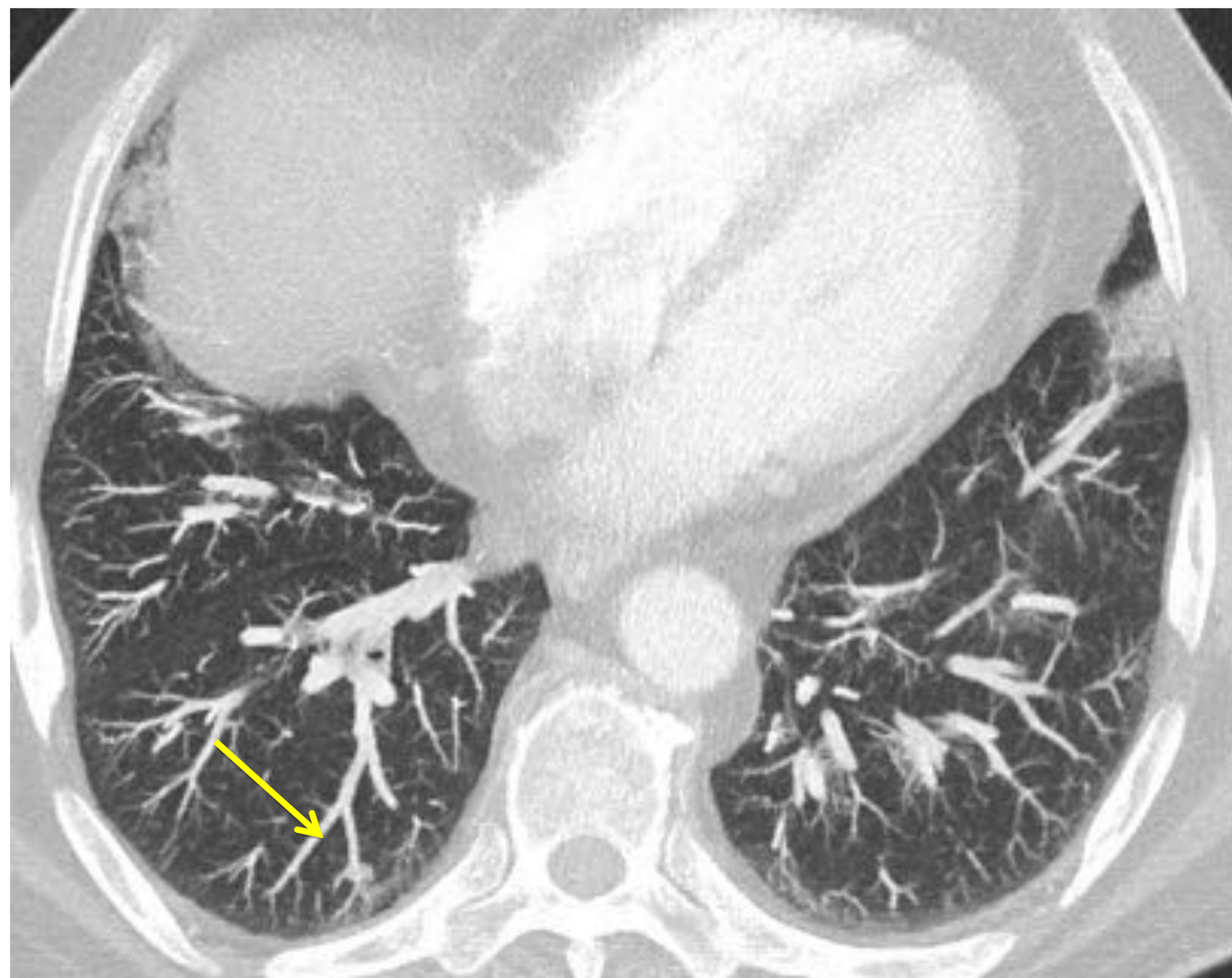
### TCMD de tórax de baja dosis:

En la siguiente tabla se proponen dos protocolos de estudio para la detección del nódulo pulmonar, uno convencional y otro de baja dosis, comprobando la significativa reducción en la dosis de radiación al disminuir el miliamperaje.

	TC convencional	TC baja dosis
<b>kVp</b>	120 kV	120 kV
<b>mA</b>	100-150 mA	20 mA
<b>DLP</b>	150-650 mGy.cm	50-60 mGy.cm

Una de las principales ventajas de la TCMD es la posibilidad de reconstruir los estudios con los parámetros deseados una vez adquiridos, sin la necesidad de estudios adicionales. Todas las TC de tórax realizadas en adultos deberían reconstruirse con cortes finos ( $\leq 1,5$  mm) para poder caracterizar y medir adecuadamente los pequeños nódulos pulmonares.

Proyección de máxima intensidad (MIP): es especialmente útil en la valoración de los nódulos pulmonares permitiendo diferenciar mejor entre nódulos de pequeño tamaño y la trama vascular.



MIP

## NÓDULO PULMONAR SOLITARIO (NPS)

**NPS:** opacidad radiológica única, esférica, circunscrita, de diámetro máximo  $\leq 3\text{cm}$ , rodeada en su mayor parte de parénquima pulmonar aireado y no asociada a atelectasia, agrandamiento hilar o derrame pleural.

Un tipo de nódulo a tener en cuenta es el **nódulo subsólido (NSS)**: es un nódulo en vidrio deslustrado, puro o con un componente sólido, lo que hace que sea más difícil de establecer cambios en el tamaño.

Pequeños componentes sólidos o semisólidos pueden representar signos tempranos de adenocarcinoma invasivo, por lo que son nódulos con una probabilidad de malignidad relativamente alta, pero poco accesibles para las biopsias y tienen baja sensibilidad en la PET-TC.

Todo ello hace que requieran un seguimiento durante al menos 3 años.



Pequeño NSS en el LII

El NPS es la manifestación radiológica de muchas enfermedades, tanto benignas como malignas, correspondiéndose la mayoría de las veces con lesiones benignas (granulomas).

El estudio de un NPS tiene como objetivo diagnosticar y tratar los que representen enfermedades activas, en particular el cáncer de pulmón, ya que un diagnóstico precoz del mismo aumenta la supervivencia. Asimismo, hay que evitar la realización de procedimientos que supongan riesgos innecesarios a aquellos pacientes con granulomas, hamartomas u otras lesiones benignas.

Para ello se utilizan las recomendaciones de la **Sociedad Fleischner**, elaboradas para el seguimiento y manejo de nódulos pulmonares menores de 8 mm encontrados de forma incidental en TC (no de screening), en pacientes mayores de 35 años, ya que en pacientes más jóvenes y en niños el cáncer de pulmón es raro. Tampoco se aplican a pacientes inmunodeprimidos ni con cáncer conocido.

Estas guías dividen los nódulos en 3 categorías: sólidos, en vidrio deslustrado y parcialmente sólidos.

Como dijimos anteriormente, todas las TC de tórax realizadas en adultos deberían reconstruirse con cortes finos ( $\leq 1,5$  mm) para poder caracterizar y medir adecuadamente los pequeños nódulos pulmonares.

Las guías de la Sociedad Fleischner recomiendan usar técnicas de baja radiación en el seguimiento de los nódulos pulmonares. Además se recomienda usar técnicas similares para minimizar la variabilidad entre TC.

Para decidir el manejo de un nódulo, estas guías se basan en estimaciones del riesgo individual de malignidad, teniendo en cuenta no solo las características del nódulo sino también los factores de riesgo clínicos.

### Características radiológicas del nódulo:

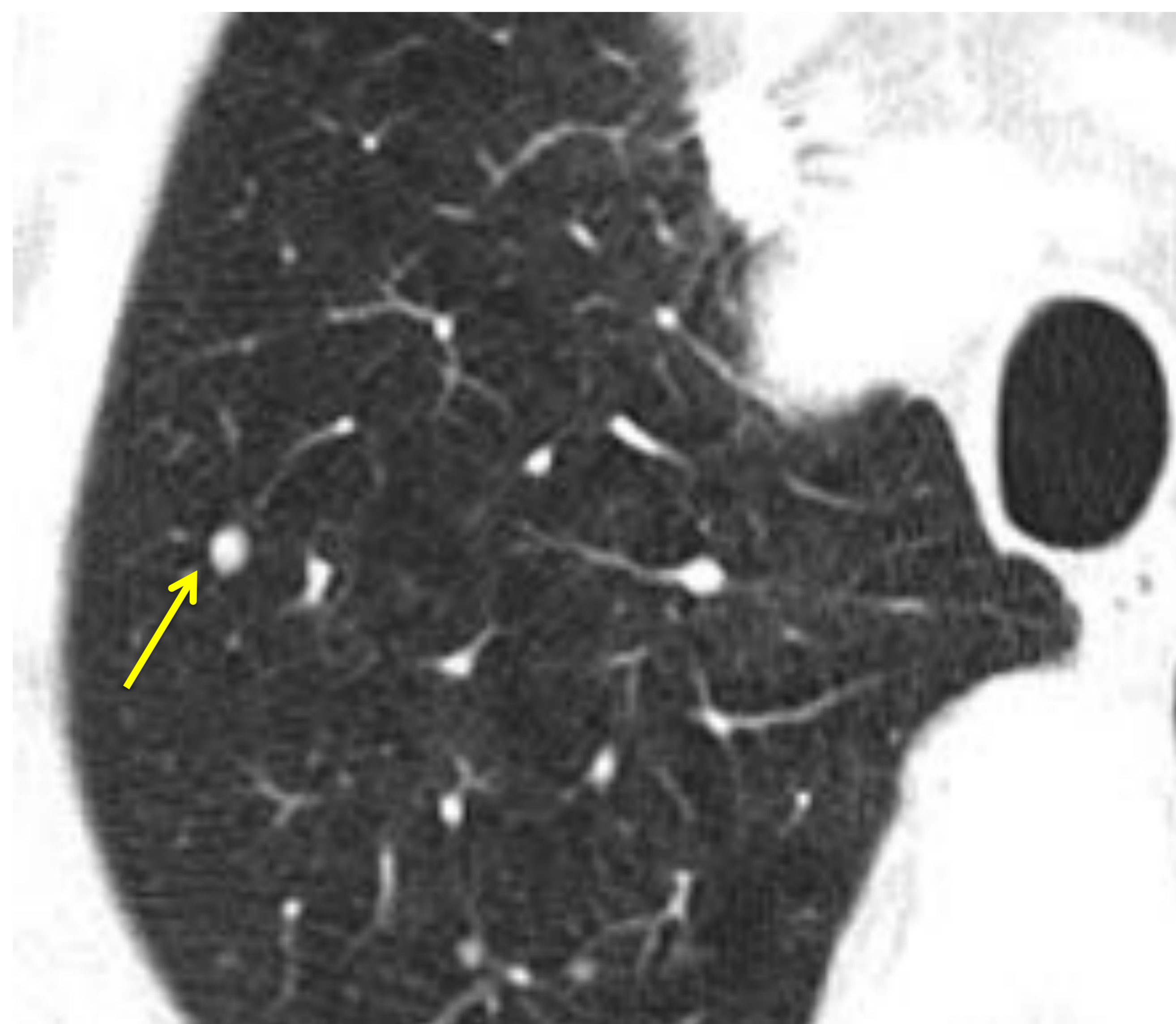
- Tamaño: está claramente relacionado con el riesgo de malignidad y es un factor dominante en el manejo. A mayor tamaño, mayor riesgo, con menor probabilidad en  $< 10$ - $15$  mm.

Las medidas deberían redondearse a los milímetros más cercanos. El tamaño límite ( $< 6$  mm) de estas guías se corresponde con una medida redondeada de 5 mm o menos.

- Morfología: los bordes espiculados son un factor de riesgo de cáncer mientras que los bordes lisos y bien definidos son criterios de benignidad.



Nódulo pulmonar de contornos espiculados.



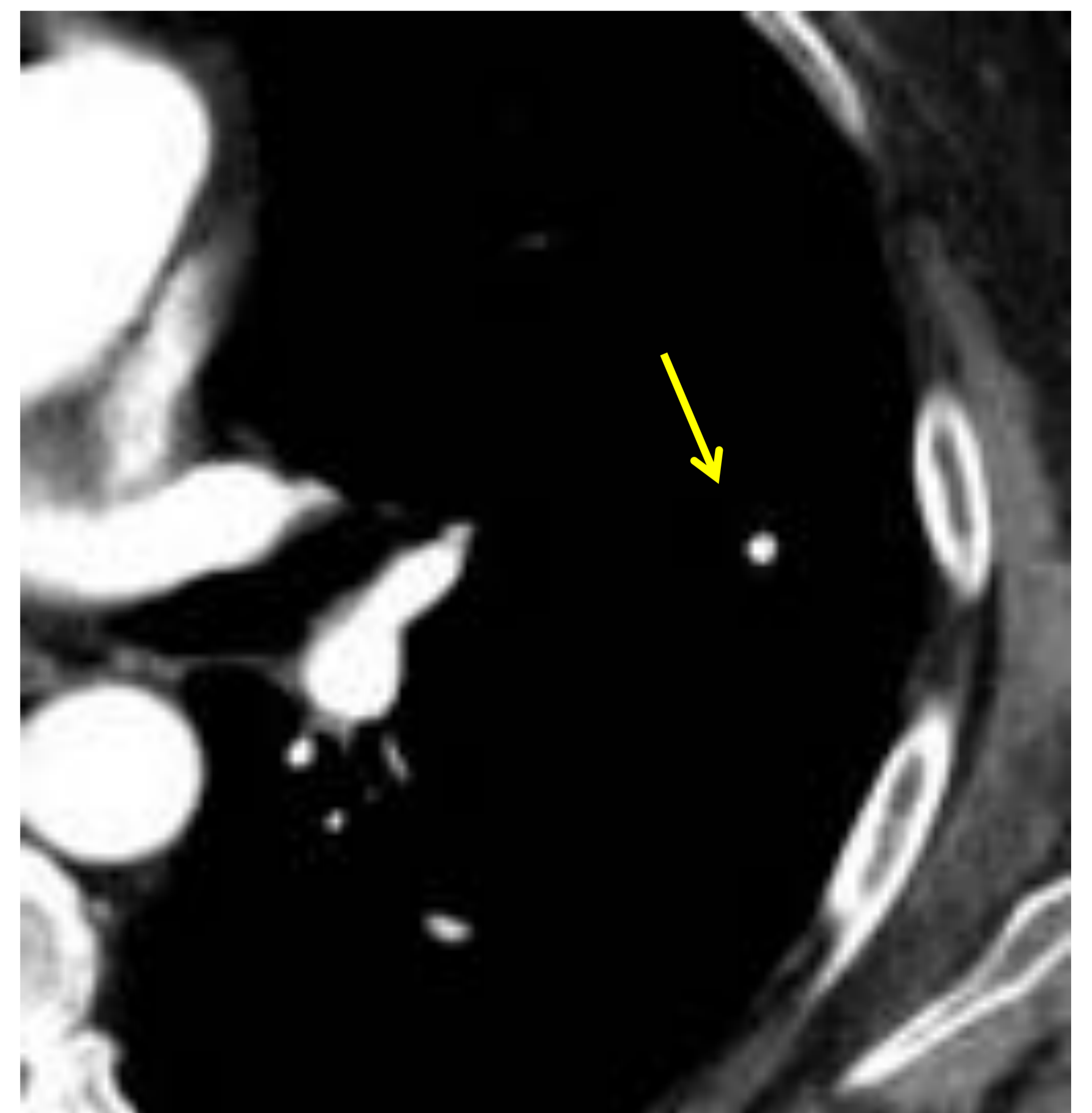
Nódulo pulmonar de bordes lisos sugerente de lesión benigna.

## Características radiológicas:

### • Densidad:

- Nódulo subsólido (NSS): como se mencionó anteriormente, son nódulos en vidrio deslustrado, puro o con un componente sólido, y tienen una probabilidad de malignidad relativamente alta.
- Patrón de calcificación:

- Benigno: homogéneo, central, laminado o en palomita de maíz.
- No benigno: reticular, punteado o excéntrico.



Nódulo con calcificación homogénea sugerente de granuloma.

- Densidad grasa: cuando es macroscópica es un criterio de benignidad si se suma a otros criterios.



Nódulo de contornos bien delimitados y con densidad grasa sugerente de hamartoma.



### **Características radiológicas:**

- Localización: el cáncer de pulmón es más frecuente en los lóbulos superiores y tiene predilección por el pulmón derecho. Las metástasis y los adenocarcinomas tienden a localizarse en la periferia mientras que el epidermoide es más frecuente perihiliar.

Pequeños nódulos sólidos pericisurales o subpleurales de morfología triangular u ovalada suelen tratarse de ganglios intrapulmonares.

- Multiplicidad: la multiplicidad está asociada con menor riesgo de cáncer respecto a cuando se trata de un solo nódulo. El ensayo NELSON mostró un aumento en el riesgo de cáncer cuando el recuento total de nódulos estaba entre 1-4 que cuando era de 5 o más.

- Tasa de crecimiento: los cánceres tienen una amplia gama de tasas de crecimiento. Deben siempre compararse con estudios previos para poder determinar si existe crecimiento o estabilidad.

Una estabilidad radiológica durante más de 24 meses se considera criterio de benignidad.

Los NSS cancerosos, que representan adenocarcinomas primarios, tienen un crecimiento más lento, con un promedio de duplicación entre 3 y 5 años. Por este motivo, los intervalos de seguimiento iniciales son más largos así como el periodo total de seguimiento recomendado que para los nódulos sólidos.

### **Características clínicas:** en base a la historia clínica del paciente:

- Edad, sexo, raza, historia familiar:

El riesgo está aumentado con la edad, siendo raro en individuos <35 años e infrecuente en <40 años. El riesgo va aumentando continuamente con cada década de la vida.

La historia familiar de cáncer de pulmón es un factor de riesgo tanto en fumadores como en no fumadores.

- Tabaco: mayor riesgo en fumadores que en no fumadores, teniendo en cuenta que la asociación con el adenocarcinoma es más débil que con el microcítico y con el epidermoide, e incluso aumenta la incidencia de adenocarcinoma en no fumadores afectando sobretodo a mujeres.

Otros cancerígenos inhalados son la exposición al asbesto, uranio y radón.

- Enfisema y fibrosis: son factores de riesgo de cáncer de pulmón independientes.

De este modo se puede estimar el riesgo del nódulo:

- Bajo riesgo (riesgo de cáncer <5%): gente joven, poco fumadora nódulos de pequeño tamaño, bordes lisos y distinta localización de lóbulos superiores.
- Riesgo elevado (riesgo de cáncer >65%): edad elevada, fumadores importante, nódulos de gran tamaño, bordes irregulares o espiculados y localizados en lóbulos superiores.
- Riesgo intermedio (riesgo de cáncer 5%-65%): entre las anteriores características de bajo y elevado riesgo.

**Recomendaciones según las guías del 2017 de la Sociedad Fleischner de manejo del nódulo pulmonar detectado de forma incidental en adultos**

**Nódulos sólidos**

Único	< 6 mm	6-8 mm	> 8 mm
• Bajo riesgo	No seguimiento	TC a los 6-12 meses y entonces considerar TC a los 18-24 meses	Considerar TC a los 3 meses, PET/TC o toma de muestra
• Alto riesgo	TC a los 12 meses opcional	TC a los 6-12 meses, entonces TC a los 18-24 meses	Considerar TC a los 3 meses, PET/TC o toma de muestra
Múltiples	< 6 mm	6-8 mm	> 8 mm
• Bajo riesgo	No seguimiento	TC a los 3-6 meses y entonces considerar TC a los 18-24 meses	TC a los 3-6 meses, entonces considerar TC a los 18-24 meses
• Alto riesgo	TC a los 12 meses opcional	TC a los 3-6 meses, entonces TC a los 18-24 meses	TC a los 3-6 meses, entonces a los 18-24 meses

## Nódulos subsólidos

Único	< 6 mm	≥ 6 mm
• Vidrio deslustrado	No seguimiento	TC a los 6-12 meses para confirmar persistencia, entonces TC cada 2 años hasta 5 años
• Parte sólida	No seguimiento	TC a los 3-6 meses para confirmar persistencia, si no hay cambios y la parte sólida se reduce < 6 mm, TC anual durante 5 años
Múltiple	< 6 mm	≥ 6 mm
	TC a los 3-6 meses. Si estable, considerar TC a los 2 y 4 años	TC a los 3-6 meses. El seguimiento posterior se basa en el nódulo más sospechoso

- En el manejo de los nódulos sólidos múltiples se tiene en cuenta el nódulo más sospechoso.
- En algunos nódulos en vidrio deslustrado <6 mm se puede considerar seguimiento a los 2 y 4 años y si aparece componente sólido o crece, considerar resección.
- Los NSS únicos con parte sólida ≥ 6 mm que persistan, deben considerarse sospechosos.
- En algunos NSS múltiples <6 mm se puede considerar seguimiento a los 2 y 4 años y si aparece componente sólido o crece, considerar resección.



Nódulo pulmonar de 13,5 mm en el LID como hallazgo incidental en TC convencional.

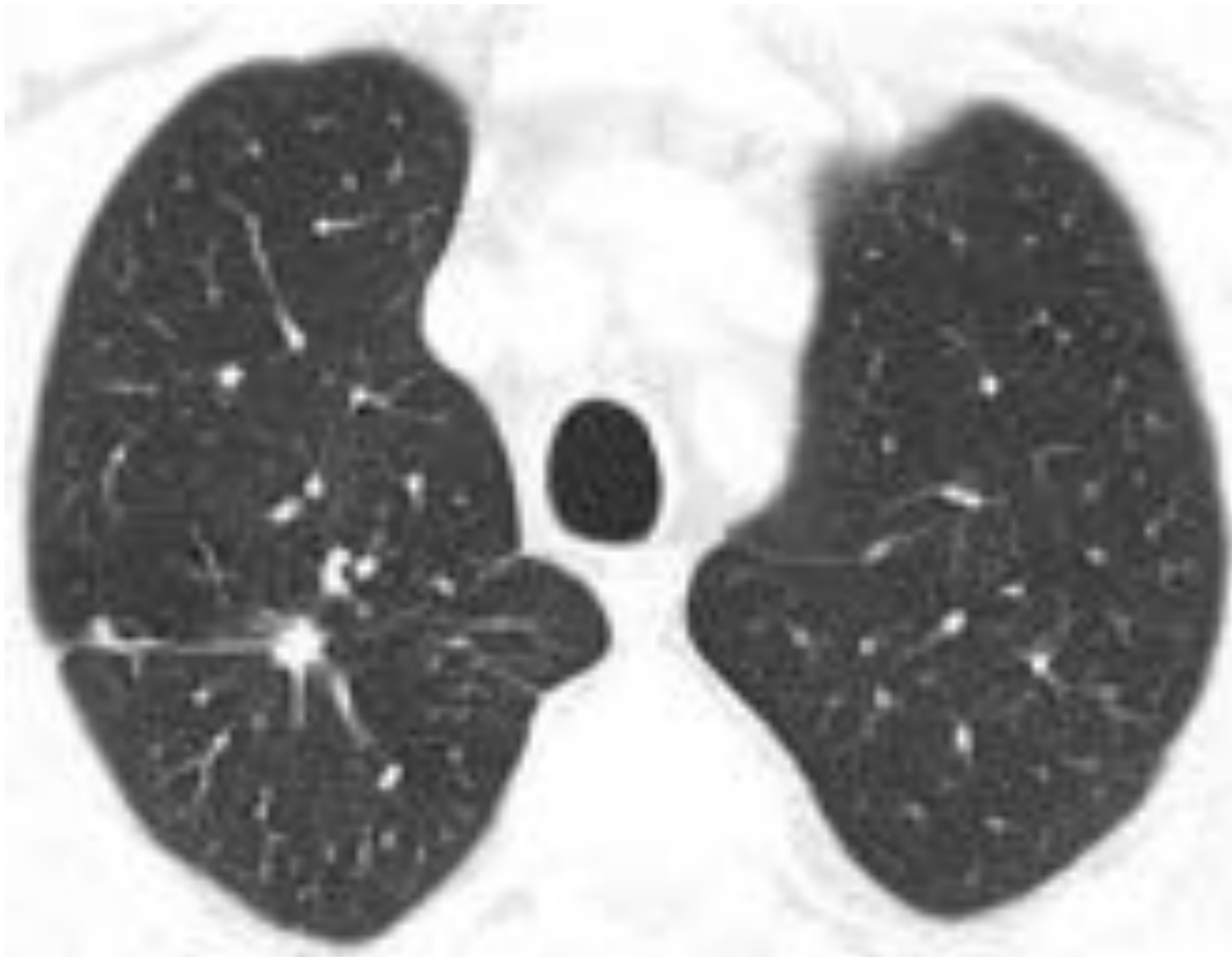


Seguimiento con TC de baja dosis utilizando 130 kV y 20 mAs, se objetiva una marcada disminución del nódulo que prácticamente ha desaparecido.

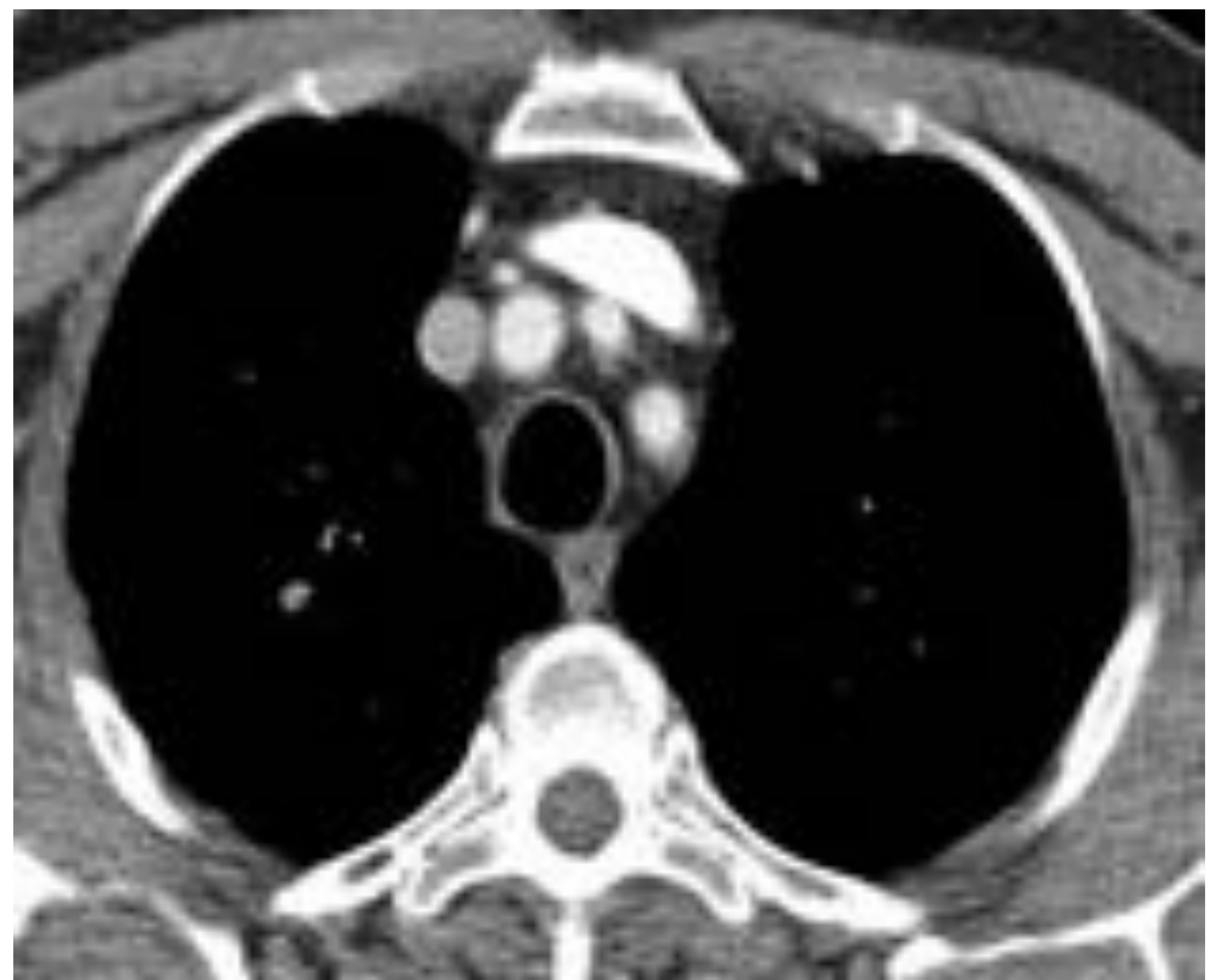
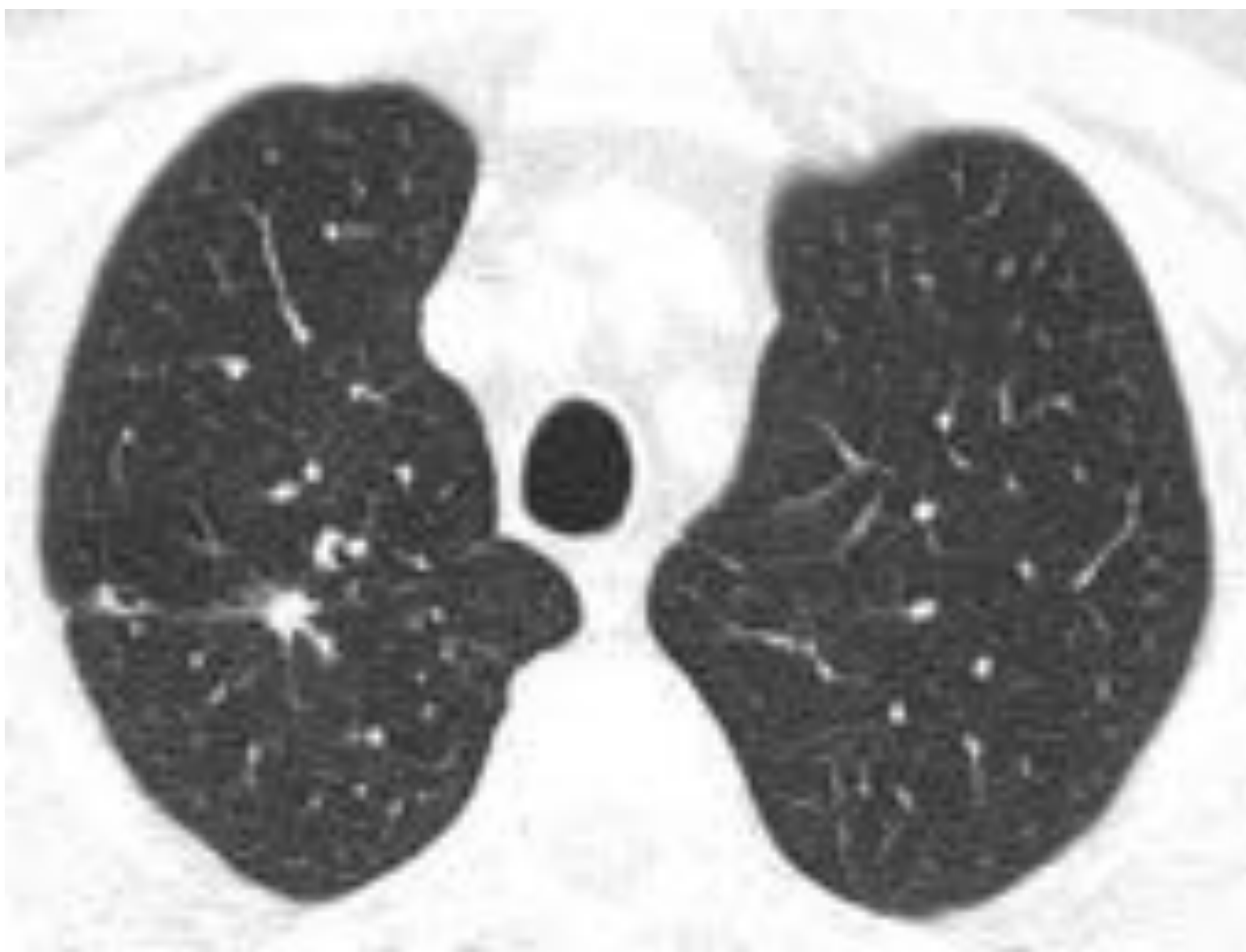
mAs total 5386		DLP total 455 mGy*cm					
Scan	KV	mAs / ref.	CTDIvol mGy	DLP mGy*cm	TI s	cSL mm	
Posición del paciente H-SP							
Topograma	1	130	0.08(L)	4.24	5.3	0.6	
TACAR	2	130 107 / 100	3.54(L)	120.49	1.0	0.6	
ThorRoutine i.v	36	130 82 / 70	9.22(L)	330.95	0.6	1.2	

mAs total 487		DLP total 76 mGy*cm					
Scan	KV	mAs / ref.	CTDIvol mGy	DLP mGy*cm	TI s	cSL mm	
Posición del paciente H-SP							
Topograma	1	130	0.08(L)	4.24	6.0	0.6	
ThorRoutine	2	130 20	2.26(L)	72.64	0.6	1.2	

La tabla de la izquierda refleja la dosis del TC convencional empleando 130 kV y 80 mAs, lo que supone una DLP de 330.95 mGy.cm. La de la derecha se corresponde con la TC de baja dosis, utilizando el mismo kV pero un miliamperaje de 20 mAs, lo que reduce la DLP a 72,64 mGy.cm.



TC de tórax convencional en el que se visualiza nódulo pulmonar espiculado en LSD de 8 mm de tamaño, con tracto fibroso que se dirige a la pleura.

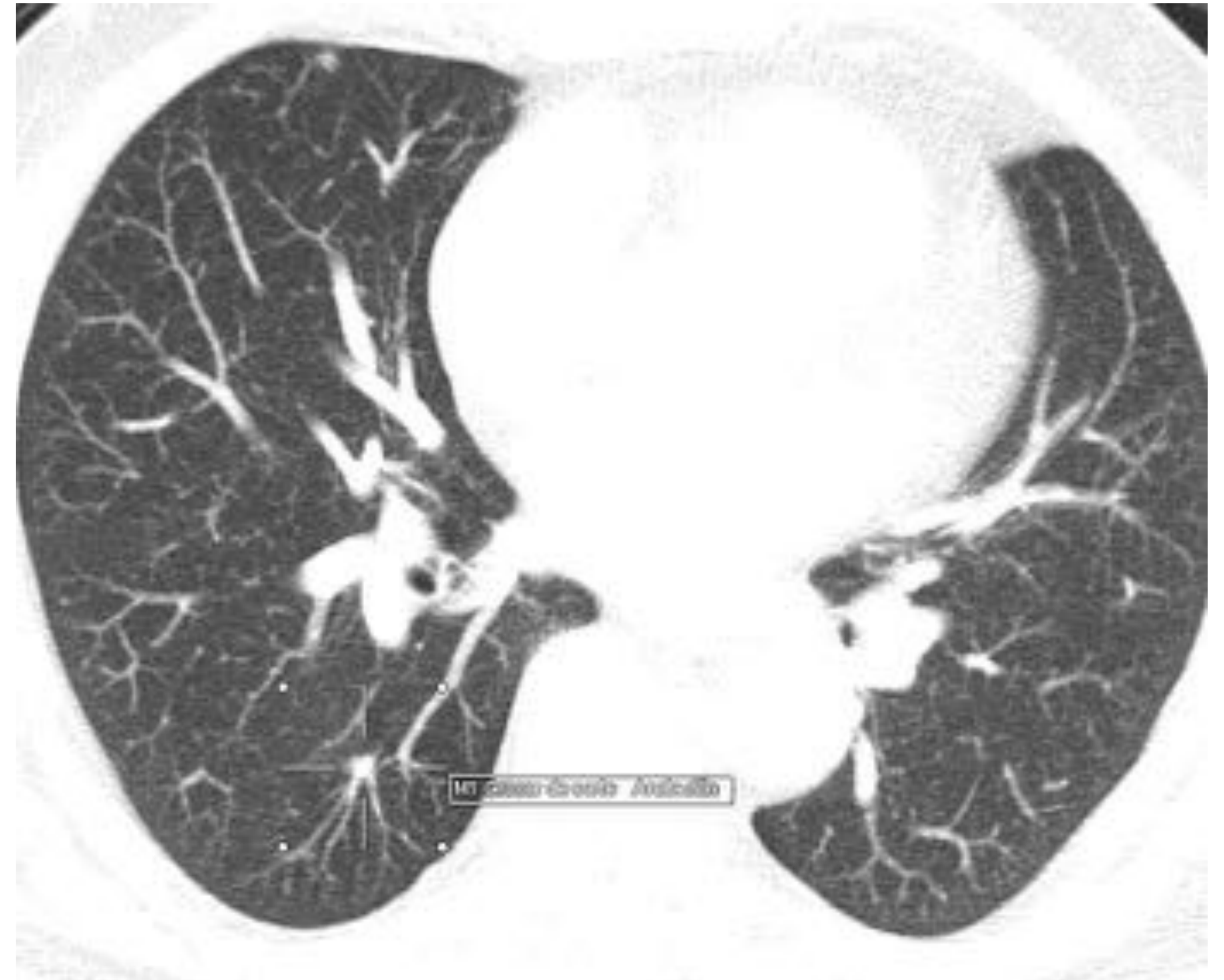


Seguimiento con TC de baja dosis utilizando 130 kV y 20 mAs, se objetiva una estabilidad radiológica.

mAs total 6857		DLP total 1434 mGy*cm					
Scan	kV	mAs / ref.	CTDIvol mGy	DLP mGy*cm	TI s	cSL mm	
Posición del paciente H-SP							
Topograma	1	130	0.08(L)	5.25	7.2	0.6	
HIGADO	2	130	16.42(L)	359.79	0.6	1.2	
TORA-ABD I.V	3	130	7.13(L)	316.36	0.6	1.2	
ABD-PELV I.V	4	130	16.67(L)	752.93	0.6	1.2	

mAs total 466		DLP total 82 mGy*cm					
Scan	kV	mAs / ref.	CTDIvol mGy	DLP mGy*cm	TI s	cSL mm	
Posición del paciente H-SP							
Topograma	1	130	0.07(L)	3.39	5.0	0.6	
TORAX I.V	2	130	2.26(L)	78.86	0.6	1.2	

La tabla de la izquierda refleja la dosis del TC convencional (corresponde a un estudio torácico y abdominopélvico) empleando 130 kV y 70 mAs, lo que supone una DLP de 316.36 mGy.cm en el estudio torácico. La de la derecha se corresponde con la TC de baja dosis, utilizando el mismo kV pero un miliamperaje de 20 mAs, lo que reduce la DLP a 78,86 mGy.cm.



TC de baja dosis del mismo paciente del caso anterior, se identifica otro nódulo en el LID, mejor visualizado con reconstrucción MIP (imagen de la derecha).



kV	mAs / ref.	CTDIvol mGy	DLP mGy*cm
130	60 / 120	6.19(L)	179.78

kV	mAs / ref.	CTDIvol mGy	DLP mGy*cm
130	20	0.08(L)	3.88
130	20	2.06(L)	60.03

La imagen de la izquierda corresponde a un TC convencional realizado con 130 kV y 120 mAs (DLP 179.78 mGy.cm), en el que se visualiza un pequeño nódulo pulmonar en el LSD. La imagen de la derecha corresponde al TC de seguimiento de baja dosis con 130 kV y 20 mAs (DLP 60.03 mGy.cm). Se consigue el correcto seguimiento del nódulo con una significativa reducción de la dosis de radiación.

## **CONCLUSIONES:**

Debido al contraste natural que proporciona el aire del pulmón, se pueden emplear dosis de radiación bajas en la TC de tórax.

El seguimiento del NPS es una buena indicación de la TCMD de baja dosis porque va a precisar de múltiples controles radiológicos durante al menos 2 años.

Las guías de la Sociedad Fleischner recomiendan usar técnicas de baja radiación en el seguimiento de los nódulos pulmonares.

Reducir la dosis de radiación es un reto que conlleva una coordinación entre los algoritmos de actuación por parte del clínico y estrategias para optimizar la dosis de TC por parte del radiólogo.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

1. MacMahon et al. Guidelines for Management of Incidental Pulmonary Nodules Detected on CT Images: From the Fleischner Society 2017. Radiology: Volume 284: Number 1—July 2017.
2. C.J. Álvarez Martínez et al. Normativa sobre el manejo del nódulo pulmonar solitario. Arch Bronconeumol 2014;50:285-93 - Vol. 50 Núm.7 DOI: 10.1016/j.arbres.2014.01.013.
3. Gould MK, Fletcher J, Lannettoni MD, et al. Evaluation of patients with pulmonary nodules: when is it lung cancer?: ACCP evidence-based clinical practice guidelines. Chest 2007;132: 108S-130S.
4. Naidich et al. Recommendations for the Management of Subsolid Pulmonary Nodules Detected at CT: A Statement from the Fleischner Society. Radiology: Volume 266: Number 1—January 2013.
5. J. Ferreirós Dominguez. Imagen por rayos X. Radiología Esencial J.L. del Cura, S. Pedraza, A. Gayote. Tomo I. Capítulo 1.
6. A. Calzado Cantera y R. Rodríguez González. Imagen por tomografía computarizada. Principios técnicos. Radiología Esencial J.L. del Cura, S. Pedraza, A. Gayote. Tomo I. Capítulo 2.