

Caracterización de espectros de rayos X asociados a fuentes de tungsteno y plata usando un detector



Universidad de
los Andes

MEDIPIX3

López Juan, Barbosa Juan

Departamento de Física
Universidad de los Andes
Cra 1 N° 18A - 12 Bogotá, Colombia

jc.lopez11@uniandes.edu.co, js.barbosa10@uniandes.edu.co

Resumen

El laboratorio de Altas Energías de la Universidad de los Andes cuenta con una fuente de rayos X de ánodo de tungsteno y en 2017 adquirió una fuente de rayos X de ánodo de plata. En este proyecto se presenta la caracterización de los espectros de dichas fuentes y su desempeño en la toma de imágenes usando un detector MEDIPIX3. Se observó que el espectro observado para las fuentes cambia su forma con el voltaje del tubo de rayos catódicos y que la fuente de rayos X de ánodo de plata produce un contraste más alto que el de la fuente de ánodo de tungsteno.

1. Introducción

- Los ánodos determinan el espectro de emisión.
- El espectro depende de las transiciones electrónicas del ánodo.
- Las transiciones del tungsteno son de baja energía.
- La plata tiene transiciones de más alta energía.
- Se desea tener espectros uniformes.
- Técnicas como XPS son sensibles al espectro de emisión.

2. Objetivos

Establecer diferencias en el funcionamiento de la fuente de rayos X de ánodo de Tungsteno y la fuente de rayos X de ánodo de Plata.

- Probar el funcionamiento de la fuente de rayos X con ánodo de plata.
- Caracterizar la respuesta del sensor MEDIPIX3.
- Verificar el voltaje y la intensidad de cada fuente que produce la imagen con el mejor contraste.
- Hacer un estudio de cociente de señal a ruido de las diferentes imágenes obtenidas.

3. Metodología

3.1 Tiempos de exposición

Los tiempos de exposición fueron seleccionados para maximizar conteos y evitar saturación.

- 2.5 s para la fuente de ánodo de tungsteno.
- Variable para la fuente de ánodo de plata.

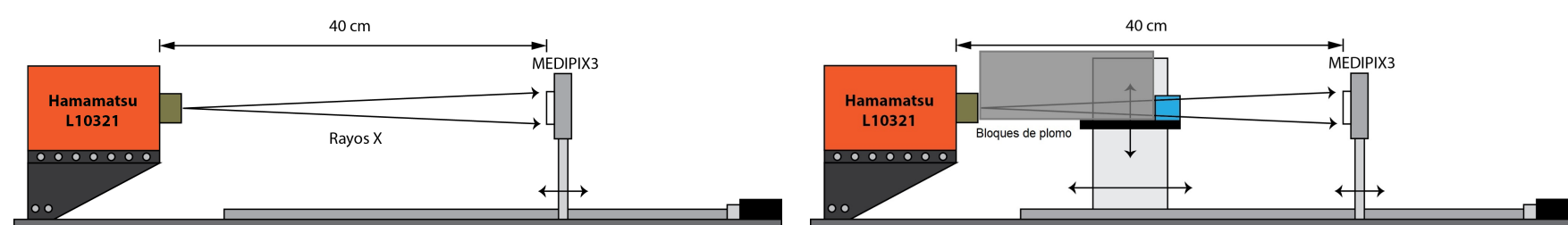
Voltaje (kV)	Corriente (μA)	Tiempo/TH (s)
11.0	150.0	10.000
17.0	150.0	10.000
23.0	150.0	10.000
29.0	136.0	11.029
35.0	113.0	13.274
41.0	96.0	15.625
47.0	84.0	17.857

3.1.1. Detector MEDIPIX3:

Tipo	MPX3RXV1, fine pitch (55 μm pixel pitch)
Modo de operación	SPM
Preamp Gain	High Gain Mode
No. serie	W108-14
Polaridad del sensor	N-on-P
Voltaje (V)	-100V

3.1.2. Barridos de voltaje y calibración de energía:

Se manufacturó una base móvil para la fuente de ánodo de plata. Se realizaron barridos de voltaje de 11 kV a 47 kV en pasos de 6 kV para las dos fuentes sin muestras.



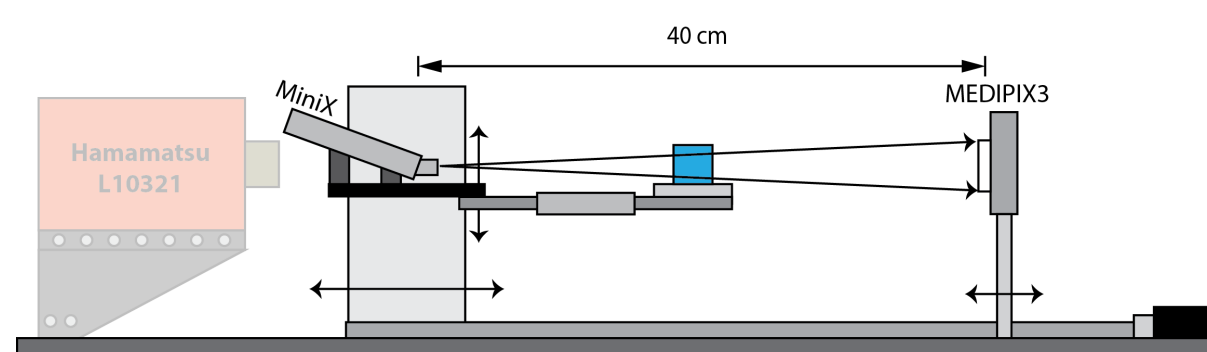
3.1.3. Relación señal a ruido:

Se calcula estadísticamente como:

$$SNR = \frac{\mu_{sig}}{\sigma_{sig}} \quad (1)$$

3.1.4. Toma de imágenes:

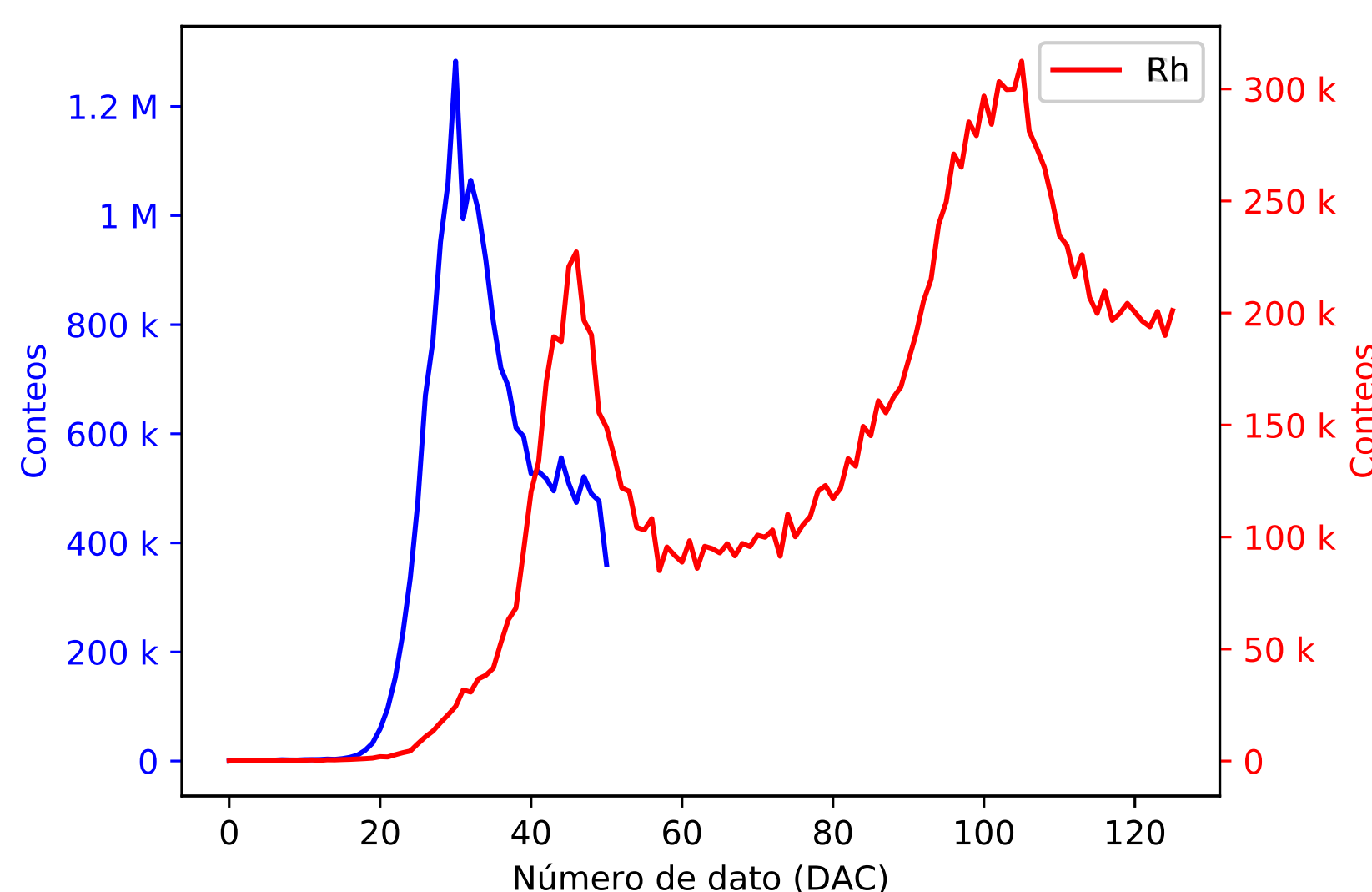
Muestra de acrílico con incrustaciones de calcita en el camino de los rayos X. Se toman todas las imágenes con la misma corriente de tubo.



4. Resultados y discusión

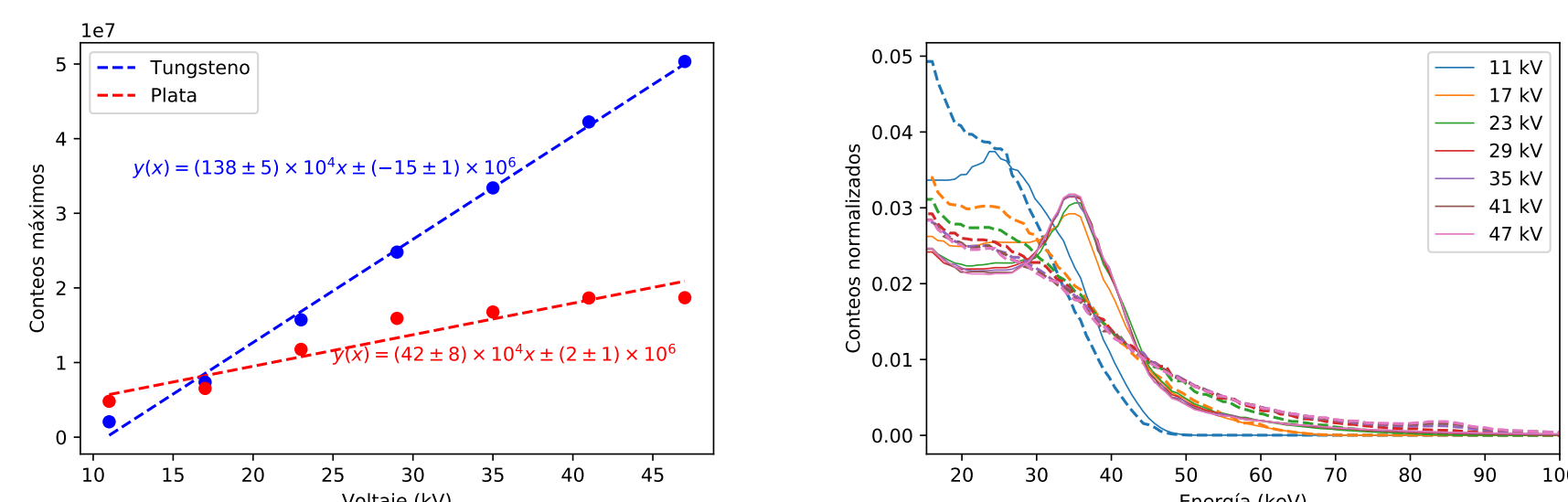
Se estableció la equivalencia entre DAC y eV con espectros de rodio y cobre.

$$\left[\frac{DAC}{eV} \right] = \frac{DAC_{Rh} - DAC_{Cu}}{K\alpha_{Rh} - K\alpha_{Cu}} \quad (2)$$

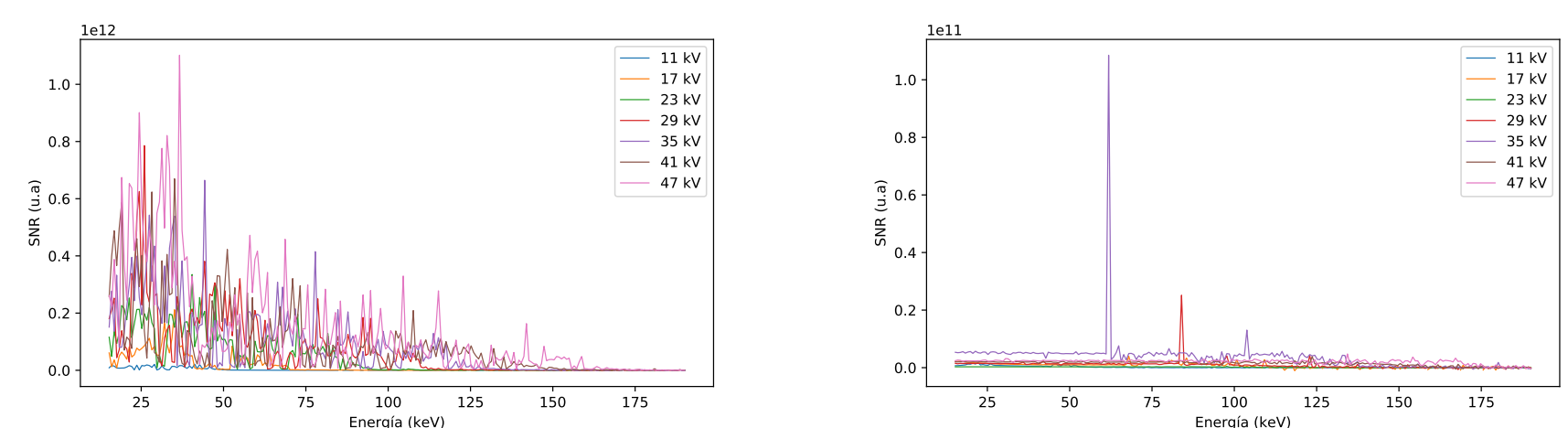


El número máximo de conteos escala con el voltaje del tubo.

Cuando aumentan los voltajes aparecen más picos en el espectro.

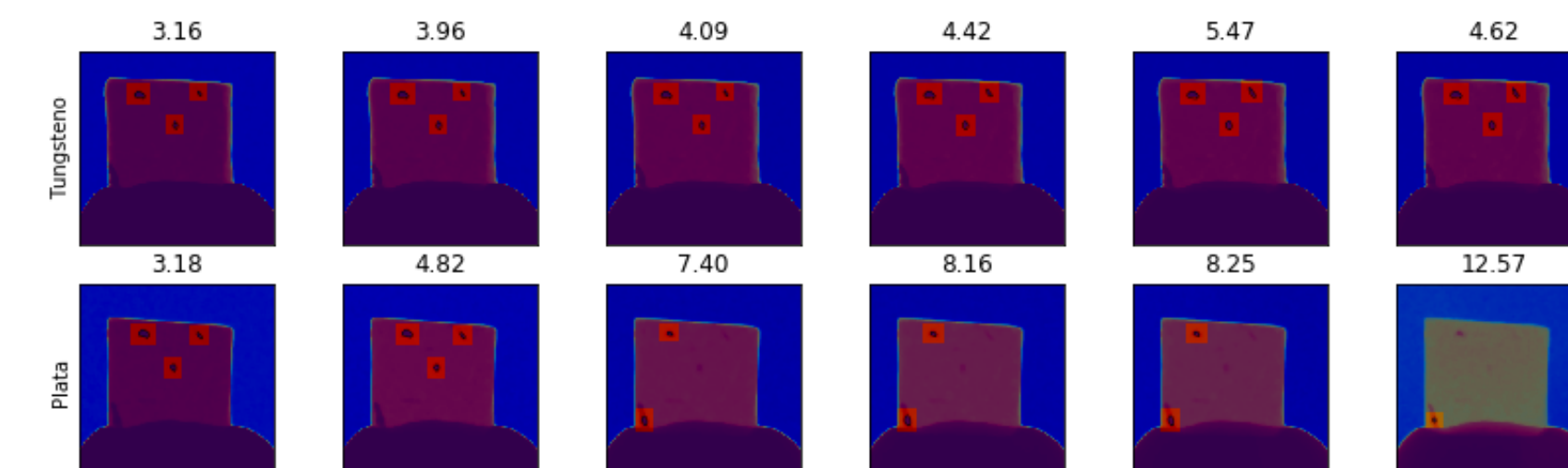
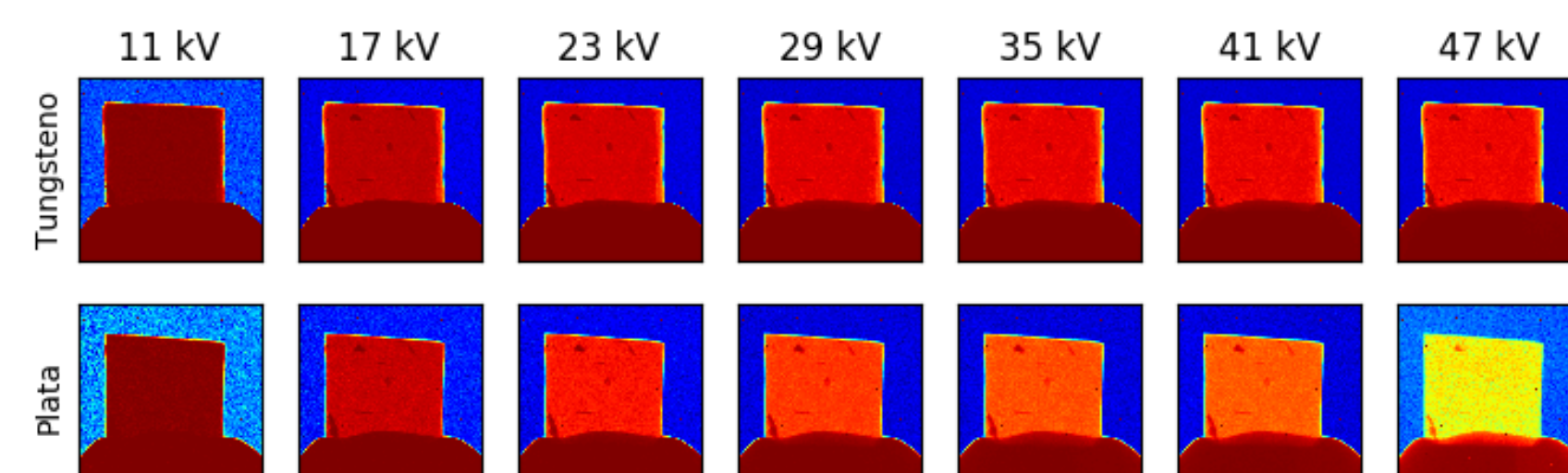


La relación señal a ruido es baja a voltajes bajos (conteos de fuentes externas) y a voltajes altos (variaciones en las emisiones de la fuente). La relación de señal a ruido es más alta para el tungsteno, dada su mayor potencia de emisión.

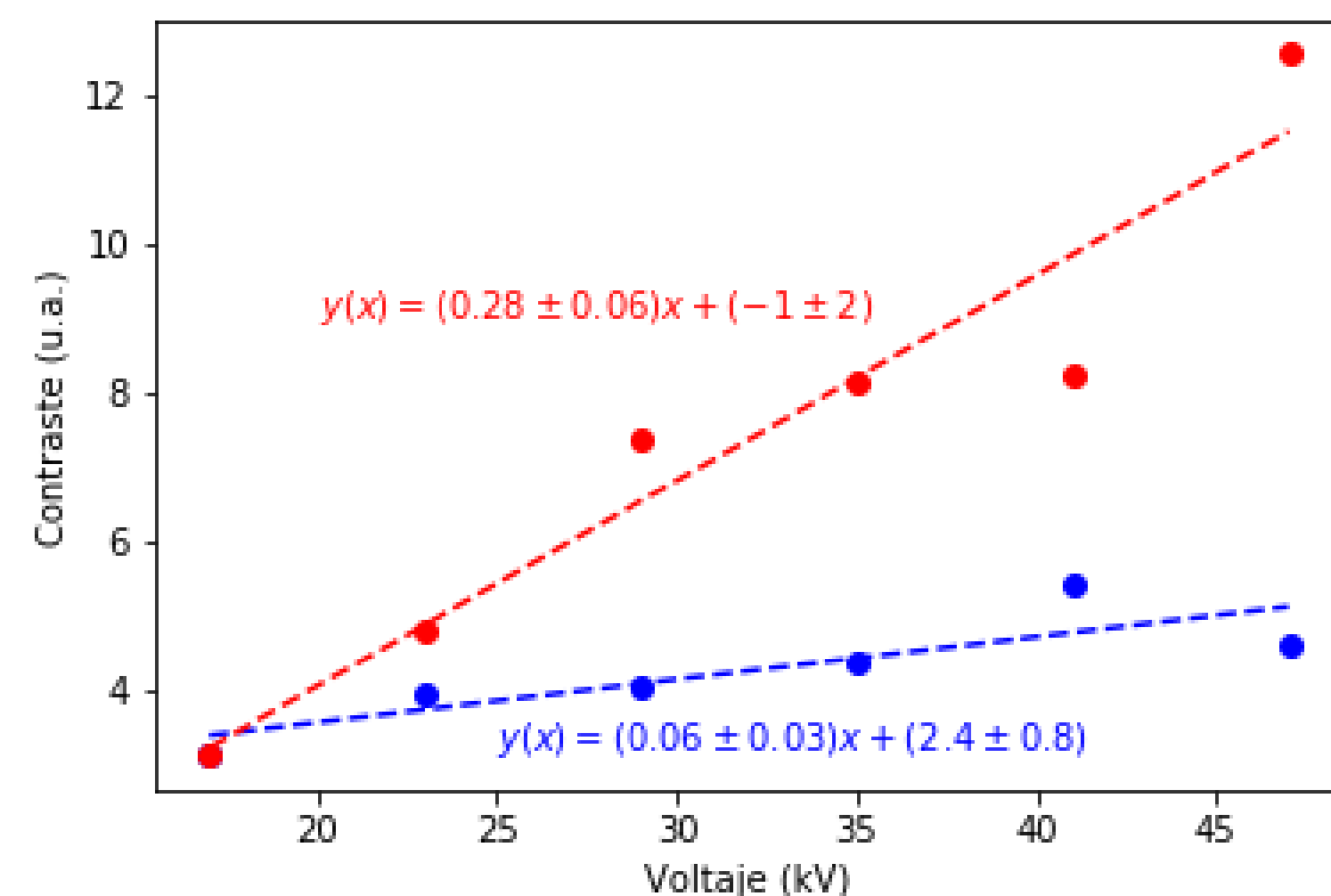


El contraste de las imágenes es más alto con la fuente de ánodo de plata.

La fuente de ánodo de plata tiende a producir fotones más energéticos.



La diferencia de contrastes crece con el voltaje del tubo.



5. Conclusiones

- La función de relación de señal a ruido no es una función suave de la energía.
- La fuente de ánodo de plata es más eficiente a bajas energías.
- La fuente de ánodo de tungsteno es más eficiente a altas energías.
- El espectro observado mantiene su forma al superar ciertos valores de voltaje (23 kV en este caso).

Referencias

- [1] Jens Als-Nielsen and Des McMorrow. *Elements of modern X-ray physics*. John Wiley & Sons, 2011.
- [2] *Choosing the anode material*, 2017.
- [3] R Ballabriga, M Campbell, E Heijne, X Llopart, I Tlustos, and Winnie Wong. Medipix3: A 64 k pixel detector readout chip working in single photon counting mode with improved spectrometric performance. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 633:S15–S18, 2011.
- [4] Masanori Miyagi, Yousuke Kawahito, Hiroshi Kawakami, and Takahisa Shoubo. Dynamics of solid-liquid interface and porosity formation determined through x-ray phase-contrast in laser welding of pure al. *Journal of Materials Processing Technology*, 250:9–15, 2017.
- [5] DC Koringsberger and Roelof Prins. *X-ray absorption: principles, applications, techniques of EXAFS, SEXAFS, and XANES*. John Wiley and Sons, New York, NY, 1988.
- [6] Hamamatsu. *100kV MICROFOCUS X-RAY SOURCE L10321 INSTRUCTION MANUAL*, 2017.
- [7] Marcus H Mendenhall, Albert Henins, Lawrence T Hudson, Csilla I Szabo, Donald Windover, and James P Cline. High-precision measurement of the x-ray cu K α spectrum. *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*, 50(11):115004, 2017.
- [8] AMETEK. *Miniature X-Ray Source*, 2017.
- [9] NN Blinov, A Yu Vasilyev, VB Bessonov, A Yu Gryaznov, KK Zhmova, EN Potrakhov, and NN Potrakhov. Effect of x-ray tube focal spot size on radiovisiograph resolution. *Biomedical Engineering*, 48(2):58, 2014.
- [10] Savvas G Chamberlain and Jim PY Lee. A novel wide dynamic range silicon photodetector and linear imaging array. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 19(1):41–48, 1984.
- [11] Stefan Van der Walt, Johannes L Schönberger, Juan Nunez-Iglesias, François Boulogne, Joshua D Warner, Neil Yager, Emmanuelle Goullart, and Tony Yu. scikit-image: image processing in python. *PeerJ*, 2:e453, 2014.
- [12] Jill Chastain, Roger C King, and J Moulder. *Handbook of X-ray photoelectron spectroscopy: a reference book of standard spectra for identification and interpretation of XPS data*. Physical Electronics Division, Perkin-Elmer Corporation Eden Prairie, Minnesota, 1992.