

Imágenes médicas-Práctica 3: Imágenes digitales

Francisco V. Pereyra Aponte¹

Instituto Balseiro (UNCuyo - CNEA) - Bariloche, Río Negro, Argentina

¹francisco.pereyra@ib.edu.ar

9 de marzo de 2024

1. Introducción

La presente investigación se enfoca en el análisis de la tomografía computada, examinando técnicas fundamentales para la adquisición y procesamiento de imágenes médicas. Se aborda la aplicación de la transformada de Radón en la generación de sinogramas y la evaluación de filtros como Ramp, Shepp-Logan, Coseno, Hamming y Hann durante el proceso de reconstrucción. Se buscó la optimización de parámetros, incluyendo el número de sensores y pasos angulares, para comprender su impacto en la calidad de la imagen y la minimización de errores. Se analizó la introducción de ruido en el sinograma y su influencia en la reconstrucción de imágenes médicas. Por último, se caracterizaron los artefactos inducidos por fallos en sensores.

2. Resultados

2.1. Ejercicio 1

Se generaron imágenes a partir del fantoma de *Shepp-Logan* y se ecualizaron las mismas obteniendo:

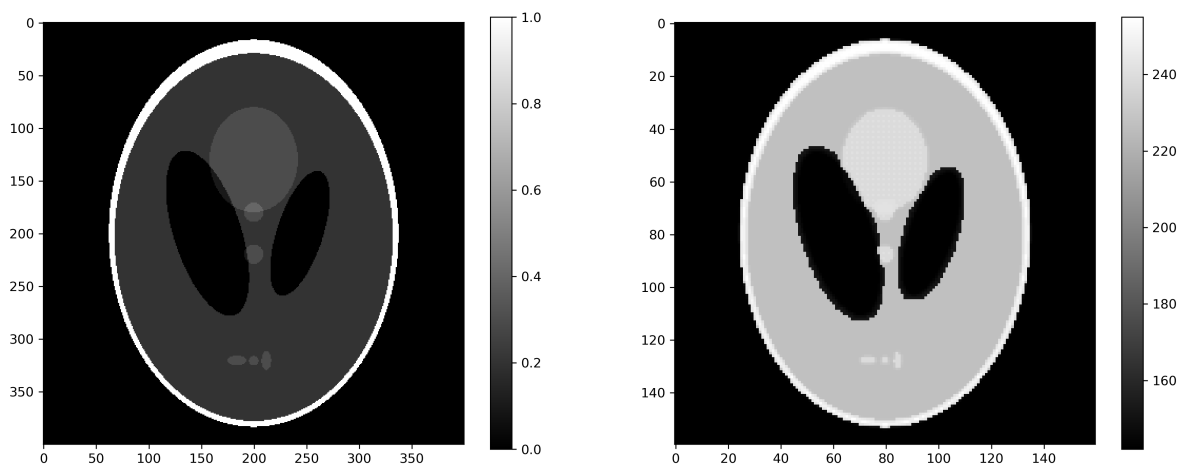


Figura 1: a la izquierda se observa la imagen del fantoma *Shepp-Logan*, a la derecha la misma ecualizada

Como se observa en la figura 1, la misma se trata de una representación de un cerebro con sus partes.

Ejercicio 2

A partir de la figura 1 se obtuvo el sinograma de la misma a través de la transformada de *Radón*. Los parámetros utilizados para la transformada fueron 160 sensores y 120 pasos angulares. El resultado obtenido fue el siguiente:

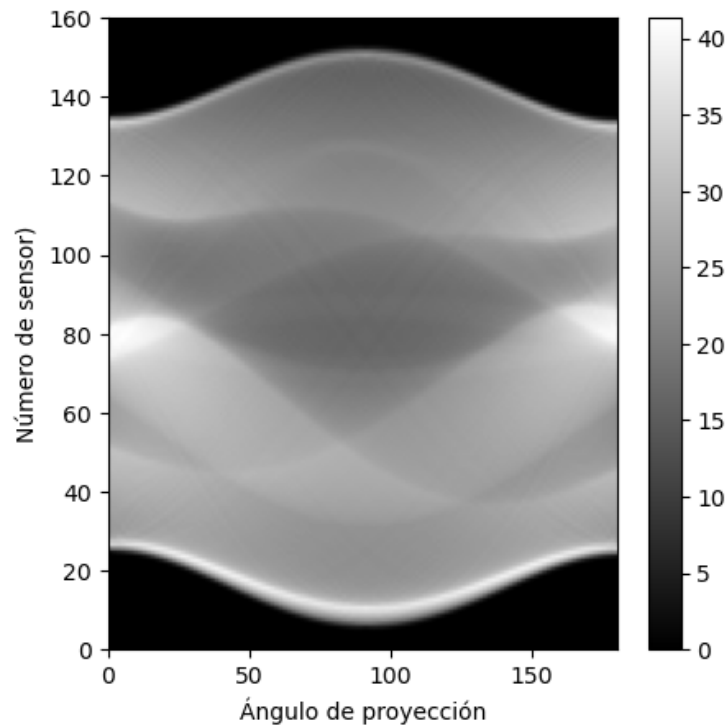


Figura 2: Sinograma obtenido a partir de la transformada de *Radón* de la imagen del fantoma *Shepp-Logan*

Ejercicio 3

A partir del sinograma de la figura 2 se obtuvo la reconstrucción de la imagen original a través de la transformada de *Radón* inversa con diferentes tipos de filtro. Los filtros utilizados y su respuesta se pueden observar en la figura 3.

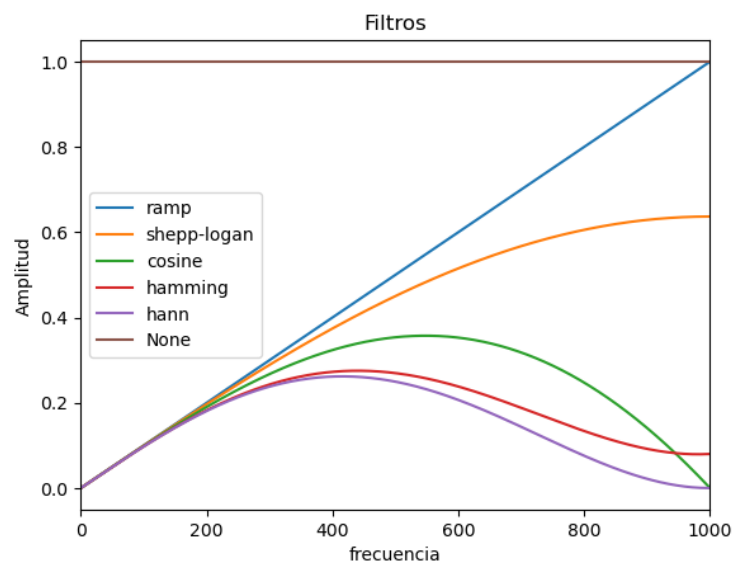


Figura 3: respuesta en frecuencia de filtros utilizados

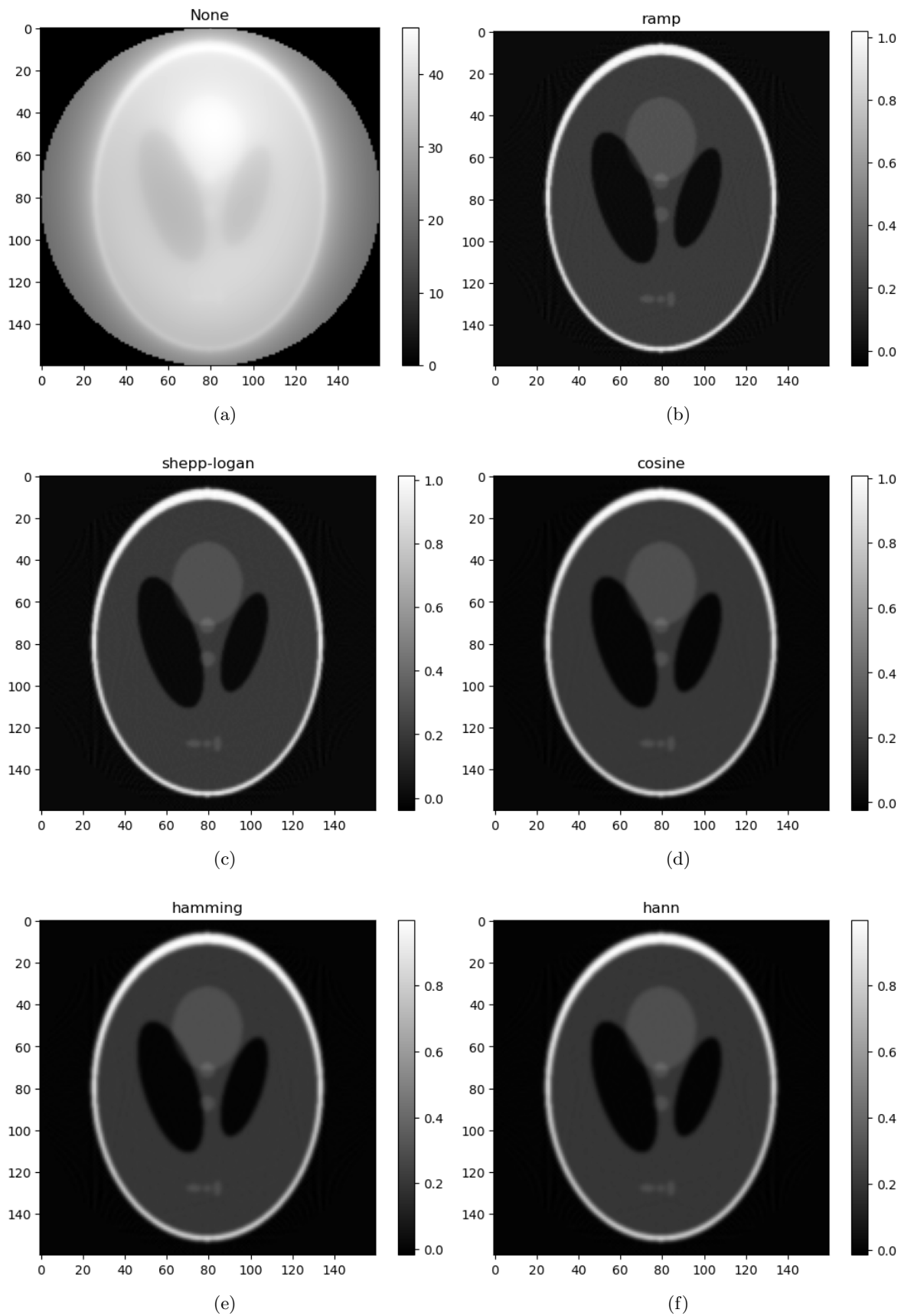


Figura 4: Reconstrucción de la imagen original a partir del sinograma de la figura 2 utilizando diferentes filtros. (a) None, (b) Filtro ramp, (c) Filtro Shepp-Logan, (d) Filtro coseno, (e) Filtro Hamming, (f) Filtro Hann

Los resultados obtenidos para la reconstrucción de la imagen original se muestran en la figura 4. El error al hacer la reconstrucción se puede calcular haciendo la suma de las diferencias cuadráticas entre la imagen original y la reconstruida. Los resultados obtenidos para cada filtro son:

- Filtro None: 30.933
- Filtro Ramp: 0.028
- Filtro Shepp-Logan: 0.033
- Filtro Coseno: 0.042
- Filtro Hamming: 0.049
- Filtro Hann: 0.051

Como se observa con los parámetros utilizados, el filtro que mejor reconstrucción obtiene es el filtro ramp, seguido por el filtro Shepp-Logan. Al no utilizar filtro, se obtiene un error mucho mayor que con los otros filtros.

Ejercicio 4

Se estudio la dependencia del error de reconstrucción con el número de sensores y pasos angulares para cada filtro. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 5. Cabe destacar que para realizar la dependencia del error en función del número de sensores se mantuvo un numero de 120 pasos angulares y para la dependencia del error en función del número de pasos angulares se mantuvo un número de 160 sensores. En la figura 5 podemos notar que el error de la reconstrucción disminuye al aumentar el número de pasos angulares. La dependencia del error con respecto a la cantidad de sensores es mas compleja ya que todos los filtros poseen un mínimo de error para un número de sensores determinado, ademas es de notar que a partir de aproximadamente 500 sensores se invierten completamente el orden de los filtros.

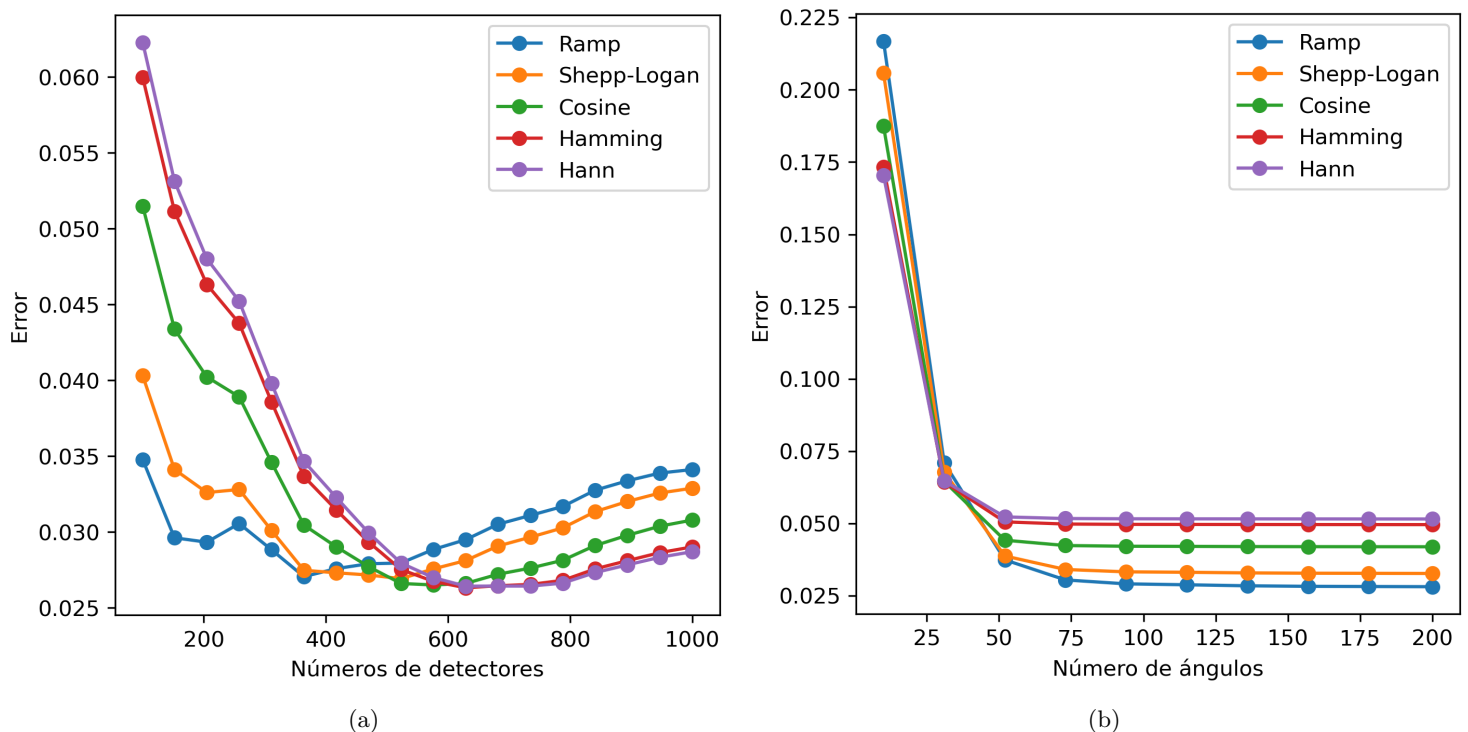


Figura 5: Error de reconstrucción en función del número de sensores (a) y pasos angulares (b) para cada filtro

El número de sensores estudiados que minimiza el error para cada filtro es:

- Filtro Ramp: 364 sensores
- Filtro Shepp-Logan: 523 sensores
- Filtro Coseno: 576 sensores
- Filtro Hamming: 629 sensores
- Filtro Hann: 629 sensores

Ejercicio 5

Se introdujo ruido gaussiano al sinograma obtenido en el ejercicio 2 y se reconstruyó la imagen original a partir de este. El sinograma con ruido se observa en la figura 6. Para hacer la reconstrucción de la imagen se utilizó el número de sensores optimo encontrados en el ejercicio anterior, los Los resultados obtenidos se muestran en la figura 7.

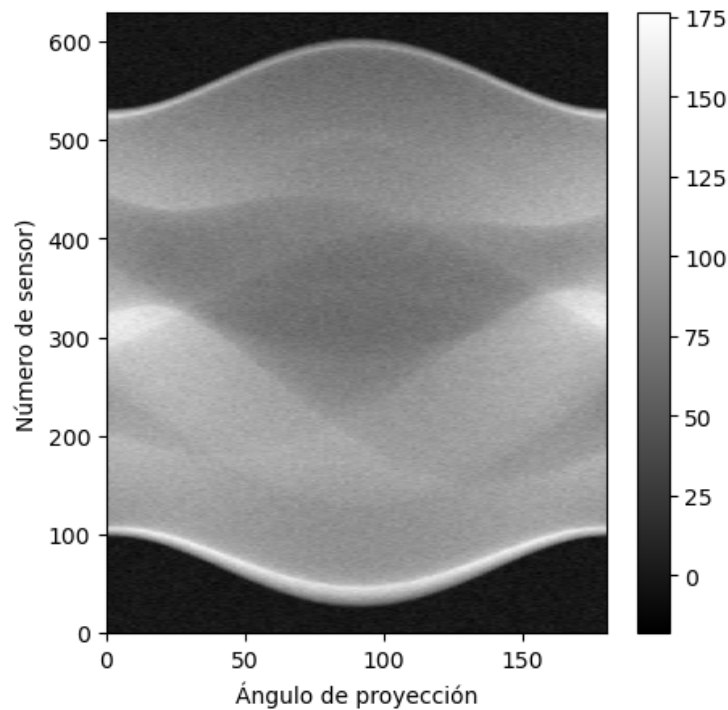


Figura 6: Sinograma obtenido a partir de la transformada de *Radón* de la imagen del fantoma *Shepp-Logan* con ruido gaussiano

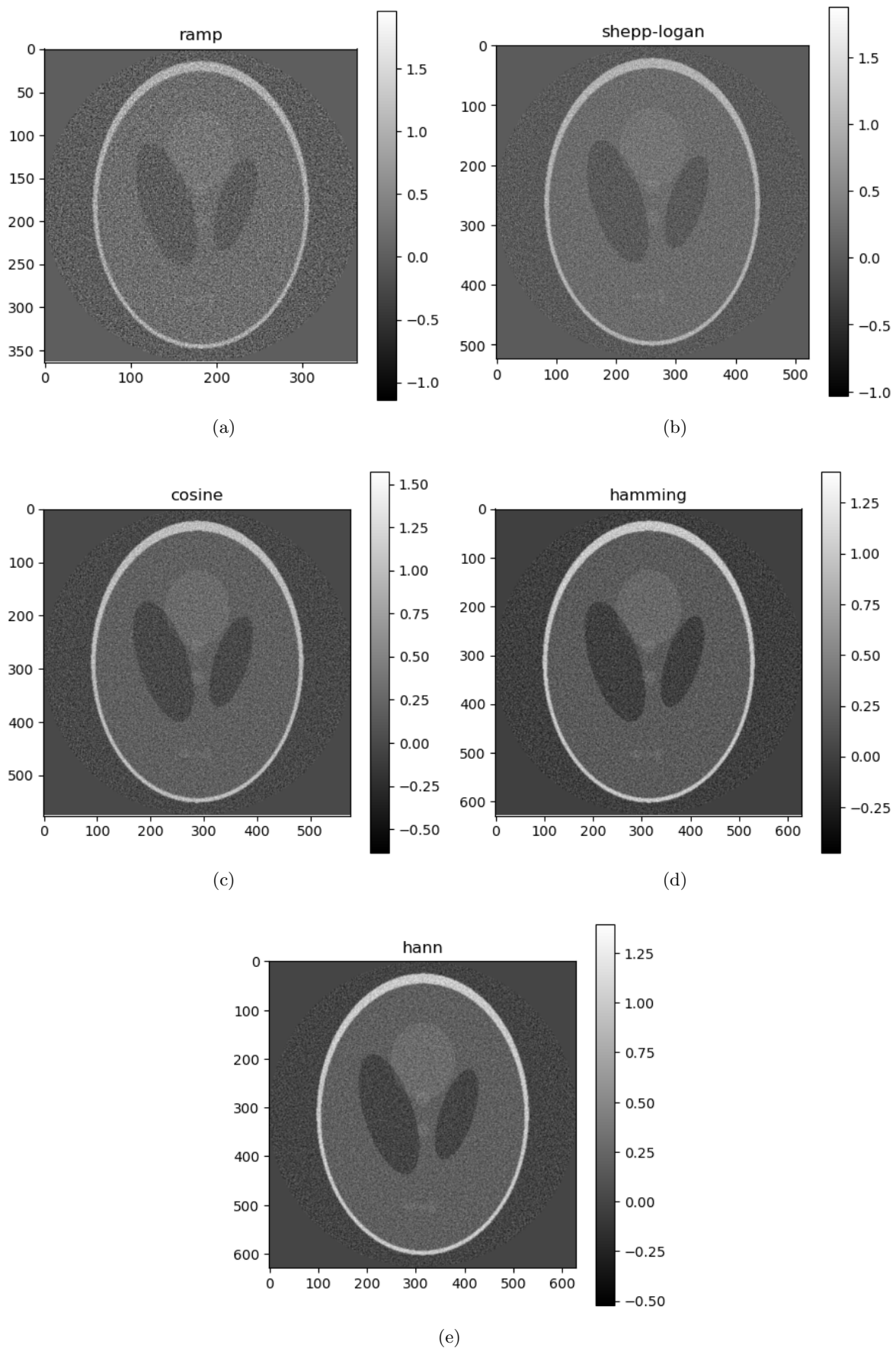


Figura 7: Reconstrucción de la imagen original a partir del sinograma con ruido de la figura 6 utilizando diferentes filtros. (a) Filtro ramp, (b) Filtro Shepp-Logan, (c) Filtro coseno, (d) Filtro Hamming, (e) Filtro Han

El error con respecto a la imagen original para cada filtro es:

- Filtro Ramp: 0.253
- Filtro Shepp-Logan: 0.205
- Filtro Coseno: 0.132
- Filtro Hamming: 0.105
- Filtro Hann: 0.098

Ejercicio 6

Se creó una imagen con un círculo en el centro, se creó el sinograma de la misma y se reconstruyó la imagen original a partir de este. Se utilizaron 100 sensores; 8,16,32 y 64 pasos angulares. Los resultados de la reconstrucción sin filtro se muestra en la figura 8 y con filtro ramp en la figura 9. Como se observa en ambas figuras, a medida que se aumenta la cantidad de pasos angulares, se disminuyen los artefactos en las imágenes. Cabe destacar que los artefactos de las imágenes poseen un aspecto diferente en cada caso, la que no tiene filtro se observa como un anillo de luz rodeando la esfera y la filtrada se observan rayos x espaciados angularmente normales a la esfera.

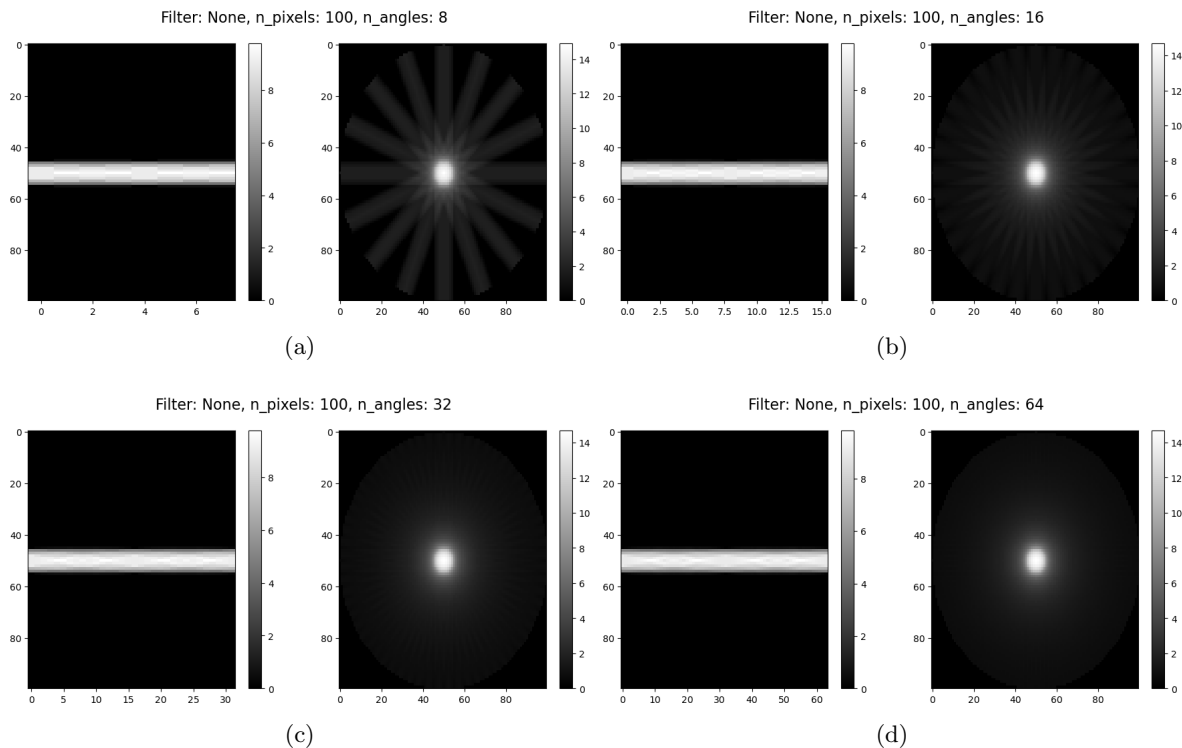


Figura 8: Reconstrucción de la imagen original a partir del sinograma de la imagen con un círculo en el centro utilizando 100 sensores, diferentes cantidad de pasos angulares y ningún filtro. (a) 8 pasos angulares, (b) 16 pasos angulares, (c) 32 pasos angulares, (d) 64 pasos angulares

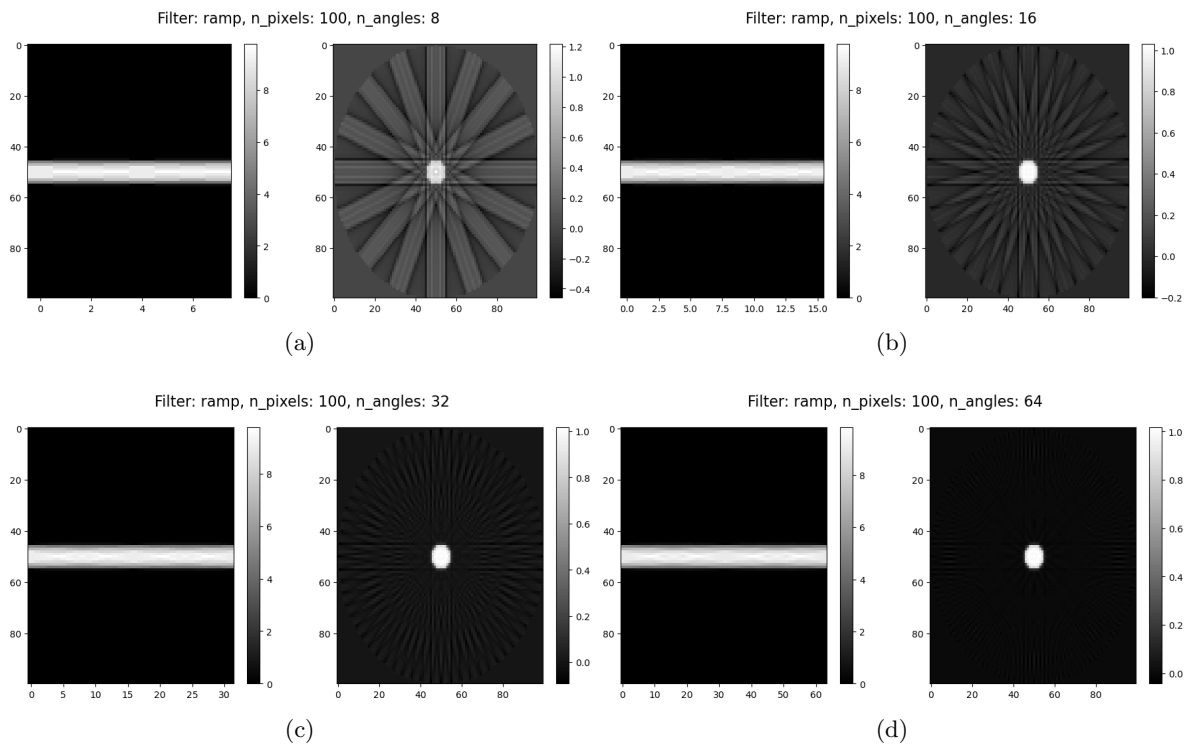


Figura 9: Reconstrucción de la imagen original a partir del sinograma de la imagen con un círculo en el centro utilizando 100 sensores, diferentes cantidad de pasos angulares y el filtro ramp. (a) 8 pasos angulares, (b) 16 pasos angulares, (c) 32 pasos angulares, (d) 64 pasos angulares

Ejercicio 7

Para estudiar los artefactos que aparecen si existe algún sensor dañado se generó el sinograma del fantoma de *Shepp-Logan* con un sensor dañado (poniendole una fila con ceros) y se reconstruyó la imagen original a partir de este. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 10. Además, se creó solo un sinograma con una fila de unos para ver como esta se mapeaba al reconstruirla. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 11. Como se observa en la figura 10, el sensor dañado genera artefactos de tipo anillo en la imagen reconstruida. Por otro lado, al reconstruir solo la línea de unos, se puede ver bien el artefacto creado sin la imagen de fondo.

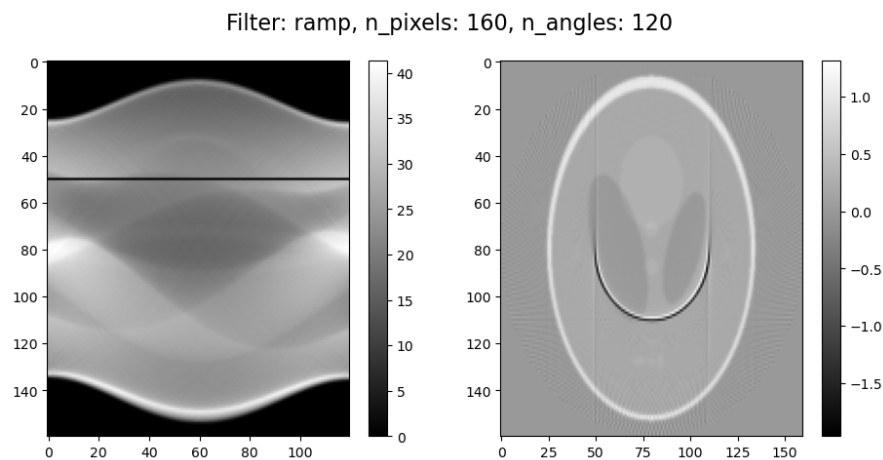


Figura 10: Reconstrucción de la imagen original a partir del sinograma del fantoma de *Shepp-Logan* con un sensor dañado es decir con una fila de unos.

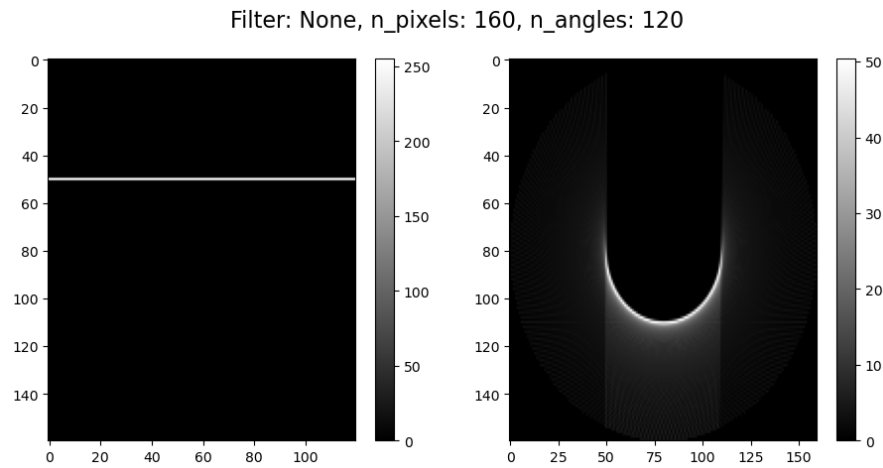


Figura 11: Reconstrucción de la imagen original a partir del sinograma con una fila de unos.

Cabe destacar que en la figura 10 se utiliza un filtro ramp para la reconstrucción y para la figura 11 no se utiliza filtro, esto se debe para una mejor visualización de los artefactos.

A. Código fuente

El código utilizado para el análisis puede encontrarse en el siguiente repositorio: [repositorio](#).