

Informe Técnico Tarea 4

Carla Mardones y Paula Mardones
Universidad Adolfo Ibáñez
camardones@alumnos.uai.cl
paumardones@alumnos.uai.cl

Abstract

Se utilizó la imagen “gordis.png” para la parte 1 y la imagen “cameraman.png” para la parte 2. En la parte 1, se generaron imágenes distintas al aplicar un ruido distinto para cada una. Se generó una imagen de “gordis” con ruido gaussiano, otra con ruido uniforme, otra con ruido impulsional-sal y otra con ruido impulsional-pimienta. Luego se aplicó un filtro a cada imagen con ruido, para intentar disminuir este ruido. La imagen con ruido gaussiano utilizó el filtro ruido local. La imagen con ruido uniforme utilizó el filtro media. La imagen con ruido impulsional-sal utilizó el filtro min. Y por último, la imagen con ruido impulsional-pimienta utilizó el filtro contra-armónica. Por otro lado, en la parte 2, se analizó qué ruido tenía la imagen “cameraman.png”. Se determinó que tiene movimiento lineal y además no tiene ruido aleatorio. Sabiendo esto, al aplicar el filtro de Wiener y el filtro paramétrico, se utilizaron parámetros más adecuados para poder reducir el ruido.

Key Words

Ruido gaussiano, ruido uniforme, ruido impulsional-sal, ruido impulsional-pimienta, filtro media, filtro min, filtro contra-armónica, filtro ruido-local

1. Introducción

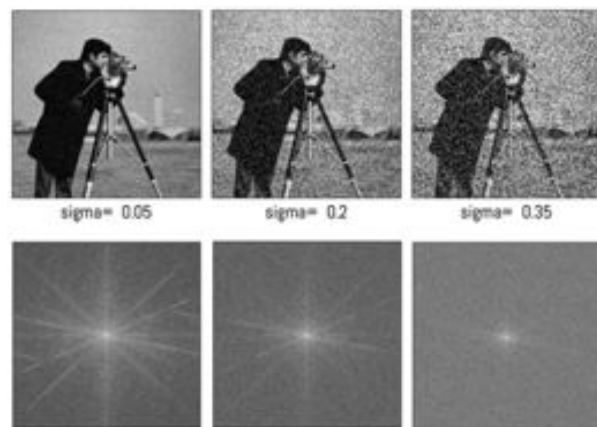
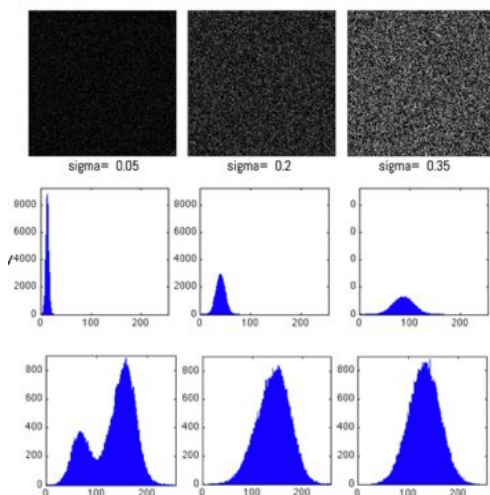
El siguiente trabajo tiene como objetivo analizar diferentes tipos de ruido y filtros, aprendidos en clases, para poder identificar y aplicar los mejores filtros sobre imágenes con diferentes ruidos. El trabajo se dividió en dos partes, la primera parte es sobre el dominio del espacio y en la segunda parte en el dominio de la frecuencia. En la primera parte se muestran como se aplicaron distintos ruidos a la imagen original y luego se mostró que filtro reduce este ruido. En la segunda parte se muestra una imagen con ruido de movimiento, y se debe aplicar el filtro de Wiener y el filtro Paramétrico y determinar qué filtro es más adecuado para disminuir este ruido. En la sección 5 se concluye lo que se realizó en este trabajo.

2. Antecedentes

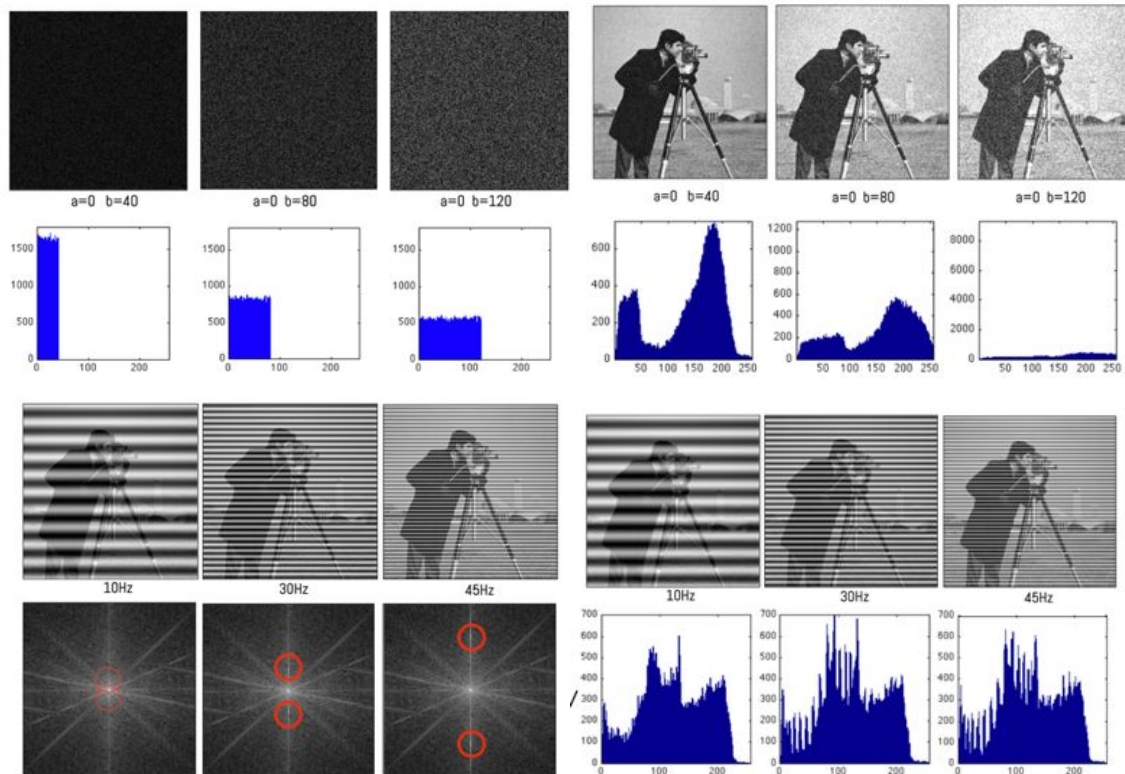
2.1. Material Complementario

Tipos de Ruido

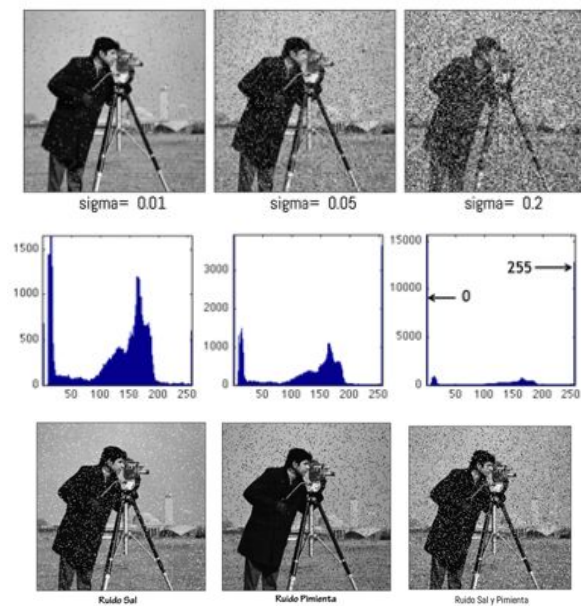
Gaussiano: produce variaciones en la imagen con una distribución de intensidades gaussiano afectando la imagen completamente. La distribución del ruido corresponde a una forma Gaussiana y a medida que aumenta el ruido, se genera una Gaussiana en el histograma del ruido frecuencia. El espectro afecta todas las frecuencias y las frecuencias originales se pierden con el ruido.



Uniforme: afecta la imagen empleando una distribución uniforme (la probabilidad de tomar cualquier valor de gris en un intervalo es constante). El ruido contamina los píxeles de la imagen en forma uniforme, por ello su distribución se hace más plana. La distribución o histograma del ruido frecuencia altera la forma original de la distribución. El ruido uniforme también puede ser del tipo frecuencial. En el espectro sólo son contaminadas algunas frecuencias.



Impulsiona: sal y pimienta, genera en la imagen valores muy altos (255: blanco) o muy bajos (0: negros). La posición del ruido generalmente sigue una distribución normal (Gaussiana) y transforma el histograma a dos valores.



Tipos de Filtros

Existen dos tipos de filtros: los del dominio espacial y los del dominio frecuencial.

Dominio Espacial

Las operaciones de filtrado en los filtros espaciales se llevan a cabo directamente sobre los píxeles de la imagen. De aquí se pueden separar en 3 categorías: de orden estadístico, adaptativos o lineales.

- Los filtros de **orden estadísticos** operan sobre la base de un orden o ranking de los datos contenidos en una región o ventana. El resultado obtenido como respuesta del filtro opera únicamente a base del orden.
 - Mediana
 - Moda
 - Max-Min
 - Punto Medio
 - Promedio Alfa-Acotado
- Los filtros **adaptivos** cambian según las propiedades de la región o ventana analizada. Esto permite obtener un mayor rendimiento, pero al mismo tiempo implica un mayor costo computacional.
 - Ruido-Local
 - Mediana Adaptativa
- Los filtros **lineales** realizan una combinación lineal sobre los píxeles de la ventana, determinando un único valor en cada máscara. La operación matemática sobre la cual se aplica a la imagen es conocida como convolución.
 - Media
 - Media geométrica
 - Media armónica
 - Media contra-armónica
 - Gaussiana

Dominio Frecuencial

Los filtros de frecuencia procesan una imagen trabajando sobre el dominio de la frecuencia en la *Transformada de Fourier* de la imagen. Para ello, esta se modifica siguiendo el Teorema de la Convolución correspondiente:

1. se aplica la Transformada de Fourier,
2. se multiplica posteriormente por la función del filtro que ha sido escogido,
3. para concluir re-transformándola al dominio espacial empleando la Transformada Inversa de Fourier.

Estos pueden ser de tipo:

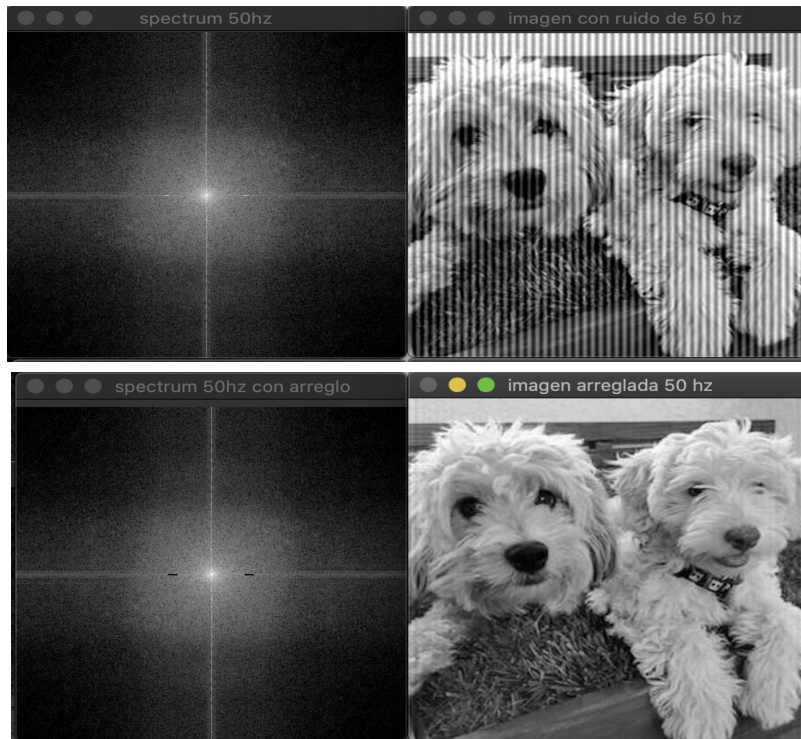
- Ideal
- Gaussiano
- Butterworth
- Homomórfico
- Puntuales
- Puntuales óptimos
- Filtro de Wiener
- Filtro Paramétrico

Usando:

- Pasa alto
- Pasa bajo
- Pasa banda
- Para band

2.2. Trabajos Relacionados

En la parte 1 de la tarea 3, nos enfocamos en el filtro de Fourier. Tuvimos que probar distintos ruidos frecuenciales y luego aplicar el filtro de fourier para visualizar donde estaba el ruido en el espectro y luego eliminar el ruido. En este caso trabajamos con filtros frecuenciales puntuales, lo cual nos permitió ver cómo podemos disminuir drásticamente un filtro frecuencial.



En la parte 2 de la tarea 3 se utilizó el filtro Gaussiano para mejorar el ruido de una imagen, ya que borra los detalles desenfocando la imagen, pero de lo que queda se puede ver a grandes rasgos lo principal de la imagen. Por esto es un buen filtro para borrar la matriz de puntos. Sin embargo, también se puede ver que se perdieron detalles en toda la imagen, no solo la matriz.



Con esta práctica de poder idear formas para disminuir los ruidos probando con diferentes filtros, avanzamos a la tarea actual donde tuvimos que repetir este proceso para muchos otros tipos de ruido.

3. Método Propuesto

La imagen original que utilizamos es la siguiente, y es nuestra perrita: Gordis.

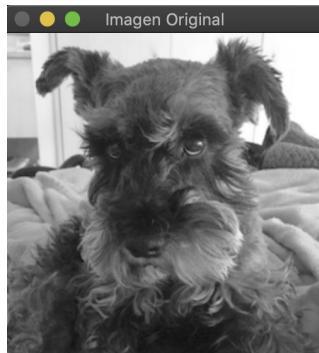


Imagen Original: "gordis.png"

3.2 Dominio del Espacio

3.1.a. Ruidos

En la parte 1.A, se generaron 4 imágenes distintas y cada imagen se le aplicó un ruido distinto. Los filtros aplicados en la imagen original fueron: el ruido gaussiano, el ruido uniforme, el ruido impulsional-sal y el ruido impulsional-pimienta.

3.1.a-1. Ruido Gaussiano – Imagen A

El primer ruido que aplicamos es el ruido gaussiano, el cual es un ruido dentro del dominio frecuencial. Afecta todas las frecuencias originales y se pierden con el ruido. En este caso, el valor de sigma que elegimos fue de 0.35 para que se notara mejor el ruido.



Imagen A

3.1.a-2. Ruido Uniforme – Imagen B

Luego generamos una nueva imagen donde aplicamos el ruido uniforme a la imagen original. El ruido uniforme “contamina” los pixeles empleando una distribución uniforme. Es decir su distribución del ruido es más plana, por lo que los colores pierden contraste (los colores más negros se ven más grises).¹ Probamos la distribución en 3 diferentes rangos: de 0 a 40, 0 a 80 y 0 a 120. Elegimos el rango 0 a 120 porque se notaba más el filtro.

¹ Procesamiento digital de imágenes “07_ruido_y_filtrado.pdf” slide 12-16.

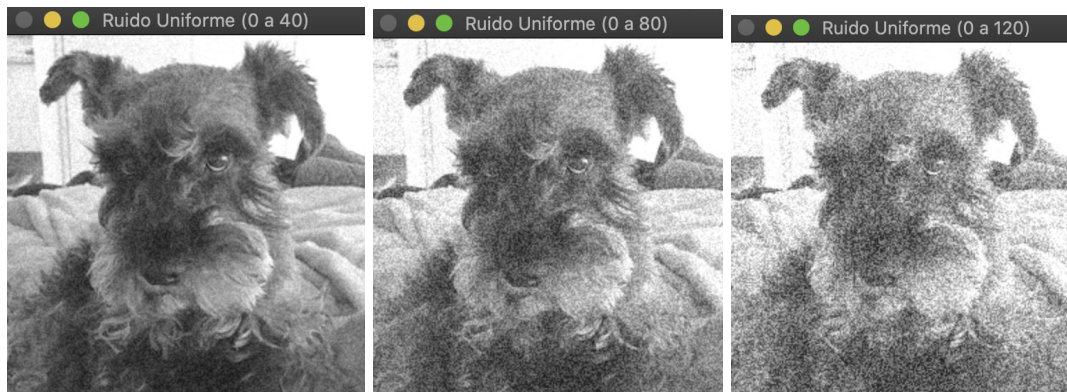


Imagen B

3.1.a-3. Ruido Impulsional-Sal – Imagen C

El **ruido impulsional - sal** genera que pixeles de la imagen original cambien al valor máximo: 255, el cual es blanco, por lo que se genera el efecto de que los pixeles se parecen a granos de sal. Primero se genera una matriz, del tamaño de la imagen con valor aleatorios entre 0 y 1. Luego, se debe elegir el rango entre 0 y 1, para los cuales esos valores (de la matriz) se cambiaran a 255. Para nuestro caso elegimos $\geq 0,85$ (es decir, 0,85 hasta 1). Para valores sobre 0,85 (por ejemplo 0,95), se generaban muy pocos puntos blancos, pero para valores bajo 0,85 (por ejemplo 0,75), se generaban muchos puntos blancos.



Imagen C

3.1.a-4. Ruido Impulsional-Pimienta – Imagen D

El **ruido impulsional - pimienta** genera que pixeles de la imagen original cambien al valor mínimo: 0, el cual es negro, por lo que se genera el efecto de que los pixeles se parecen a pedazos de pimienta. Primero se genera una matriz, del tamaño de la imagen con valor aleatorios entre 0 y 1. Luego, se debe elegir el rango entre 0 y 1, para los cuales esos valores (de la matriz) se cambiaran a 0. Para nuestro caso elegimos $\geq 0,15$ (es decir, de 0 a 0,15). Para valores sobre 0,15 (por ejemplo 0,25), se generaban muchos pocos puntos negros, pero para valores bajo 0,15 (por ejemplo 0,05), se generaban muy pocos puntos negro.



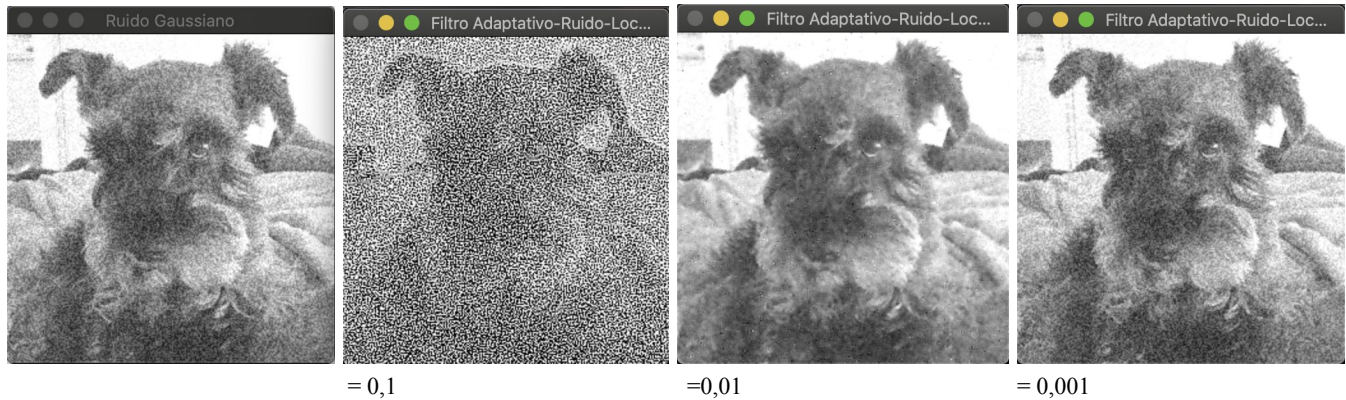
Imagen D

3.1.b. Filtros

Luego en la Parte 1.B, se aplicó solamente un filtro en cada imagen con ruido (las imágenes A, B, C y D), para intentar disminuir el ruido cada una. Los filtros que se eligieron pertenecen a una de las tres familias de filtros en el espacio, es decir, se utilizaron filtros de **orden estadístico**, un **filtro adaptivo**, y un **filtro lineal**.

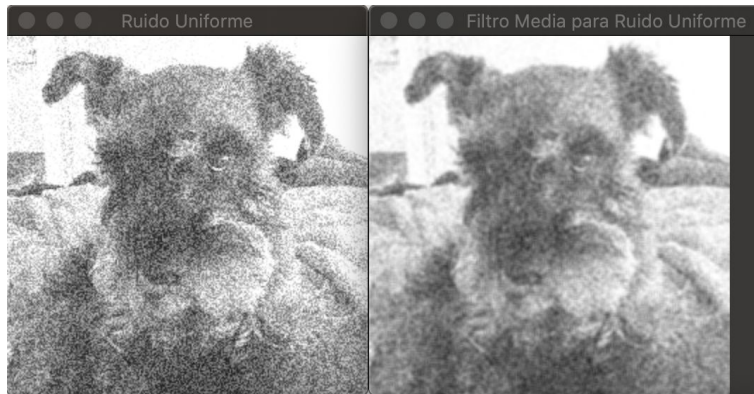
3.1.b-1. Imagen A – Filtro Ruido-Local

El ruido gaussiano se puede reducir más eficientemente mediante el uso de filtros frecuenciales, pero debido al desafío de la tarea, se debió hacer mediante un filtro espacial. Mirando los filtros a nuestra disposición, la mayoría servían mejor en ruido impulsional, pero este era bueno para ruido gaussiano siempre y cuando se ajusta bien la varianza del ruido (variable `var_N` del código) y si el ruido no es muy elevado. Si elevamos la varianza del ruido, nos empeora la imagen y si disminuimos mucho la varianza, no nos arregla el ruido. Para nuestro caso elegimos $= 0,01$. Además, podemos variar es el tamaño de la máscara y mientras más grande sea más borroso se verá la imagen. En este caso, usamos una máscara de 3×3 .



3.1.b-2. Imagen B – Filtro Media

El ruido uniforme es de los ruidos más difíciles de disminuir, ya que afecta toda la imagen de manera uniforme y al menos que sea de tipo frecuencial, no se podrá disminuir de esa manera. En este caso, no usamos un ruido uniforme frecuencial. Como ya dijimos anteriormente, la mayoría servían mejor en ruido impulsional, pero este era bueno para ruido uniforme, ya que elimina el ruido reemplazándolo por el promedio de la máscara. Lo que podemos variar es el tamaño de la máscara y mientras más grande sea más borroso se verá la imagen. En este caso, usamos una máscara de 3×3 .



3.1.b-3. Imagen C – Filtro Mínimo

El ruido sal es fácil de disminuir mediante el uso del filtro mínimo, ya que reemplaza el ruido por el valor mínimo de la máscara. Es decir, que siempre va a poder eliminar ese valor de ruido (muy alto/blanco) por un valor más adecuado (el mínimo de la máscara) para "colorear" ese espacio en blanco. Nuevamente, lo que podemos variar es el tamaño de la máscara y mientras más grande sea más borroso se verá la imagen. En este caso, usamos una máscara de 3×3 .



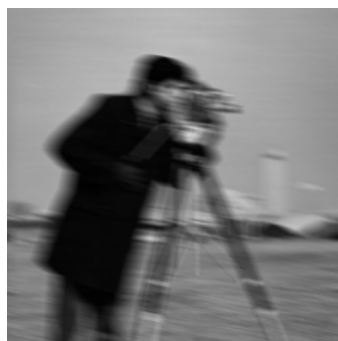
3.1.b-4. Imagen D – Filtro Contra-Armónico

El filtro contra-armónico reemplaza el valor del ruido por la media-contra armónica. Siempre va a poder eliminar ese valor ruido (muy bajo/negro) por un valor más adecuado (media contra-armónica) para "colorear" ese espacio en negro. Lo que podemos variar es el valor de Q (el valor al que elevamos los valores de los pixeles, y mientras más alto es Q , más clara se pone la imagen. En este caso, se utilizó $Q = 5$. Además, tal como los otros filtros, podemos variar es el tamaño de la máscara y mientras más grande sea más borroso se verá la imagen. En este caso, usamos una máscara de 3×3 .



3.2 Dominio de la Frecuencia

En la parte 2, se utilizó la siguiente imagen con ruido como base:



Luego de analizar la imagen, se puede notar que la imagen tiene "movimiento lineal" porque esta tiene un efecto de estar "movida", ya sea horizontalmente como esta o vertical. Si fuera ruido turbulencia tendría un efecto de "borrosa" y además, no tiene granitos, por lo tanto, se determinó que el ruido no es aleatorio. A partir de esta imagen se generaron 2 imágenes distintas, una aplicando el filtro de Wiener, y otra aplicando el filtro Paramétrico.

3.2.a Filtro Wiener

El filtro de Wiener es capaz de determinar la función de degradación y estimar las características del ruido en un proceso combinado.² Debido a que no conocemos el espectro de potencia del ruido ni de la imagen degradada, debemos asignarla experimentalmente cambiando el **valor de K** que representa un factor de ajuste. Mientras menor sea el valor de K, más nítido se verá la imagen pero mayor es el fenómeno de Gibbs. Esto trae consigo otro tipo de ruido, pero mejora lo detalles de la imagen. Por lo tanto, se debe encontrar un valor adecuado para el balance entre estas dos cosas. En nuestro caso, elegimos $K = 0,0006$.



$K = 0,0001$



$K = 0,01$

3.2.b Filtro Paramétrico

Este filtro está basado en una formulación similar a la de Wiener, sin embargo, en vez de emplear un factor de ajuste K, utiliza una matriz de filtraje. Por otro lado, en el Filtro Paramétrico se puede variar el **valor de gamma**. Esto trae consigo los mismos problemas anteriores. Mientras menor sea el valor de gamma, más nítido se verá la imagen pero mayor es el fenómeno de Gibbs. Esto trae consigo otro tipo de ruido, pero mejora lo detalles de la imagen. Por lo tanto, se debe encontrar un valor adecuado para el balance entre estas dos cosas. En nuestro caso, elegimos $\text{gamma} = 0,0005$.



$\text{gamma} = 0,0001$



$\text{gamma} = 0,01$

² Procesamiento digital de imágenes “09_filtrado.pdf” slide 35-44

4. Resultados

4.1. Parte 1A y 1B

Filtro Ruido Local para Ruido Gaussiano

Para disminuir el ruido de la imagen A, se utilizó el **filtro ruido local**, el cual es un **filtro adaptativo**. El filtro ruido local modifica su comportamiento en función de las características locales de la máscara y a las características del ruido global. Una de las principales ventajas es que preserva los bordes y las regiones de similar color.³ Se puede ver en la imagen con el filtro ruido local que los bordes de la oreja de Gordis siguen casi iguales, a pesar de que tiene mucho detalle.



Ruido Gaussiano



Filtro Ruido Local

Filtro Media para Ruido Uniforme

Para disminuir el ruido de la imagen B, se utilizó el **filtro media**, el cual es un **filtro lineal**. El filtro media reemplaza el valor central de la máscara por el promedio de los valores contenidos en ella⁴. Sin embargo, este filtro no preserva los bordes y crea nuevas intensidades que no estaban en la imagen original, por ejemplo, la cabeza de Gordis se ve más oscura y el fondo se ve más blanco.



Ruido Uniforme



Filtro Media

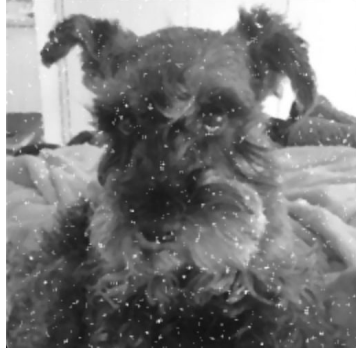
Filtro Min para Ruido Sal

Para disminuir el ruido de la imagen C, se utilizó el **filtro min**, el cual es de **orden estadístico**. Este filtro reemplaza el valor medio de la máscara por el valor mínimo de los valores contenidos en la máscara.⁵ Como los valores de la sal son el máximo (255), ya que son puntos blancos, estos se reemplazan por cualquier valor menor (el mínimo de la matriz). Por lo que este filtro (min) tiene la ventaja de reducir el ruido sal.

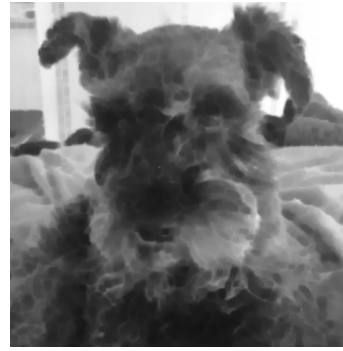
³ Procesamiento digital de imágenes "08_filtrado.pdf" slide 5-8

⁴ Procesamiento digital de imágenes "08_filtrado.pdf" slide 15-18

⁵ Procesamiento digital de imágenes "07_ruido_y_filtrado.pdf" slide 31-34



Ruido Impulsional-Sal



Filtro Min

Filtro Contra-Armónica para Ruido Pimienta

Para disminuir el ruido de la imagen D, se utilizó el **filtro media contra-armónica**, el cual es un **filtro lineal**. Este filtro reemplaza el valor central de la máscara por la media contra armónica y reduce muy bien el ruido pimienta cuando Q es positivo⁶, por lo que se utilizó el valor $Q=5$. Es importante destacar que los valores de la pimienta son el mínimo valor que puede tener un pixel, 0, ya que son puntos negros.



Ruido Impulsional-Pimienta



Filtro Media Contra-armónica

4.2. Parte 2

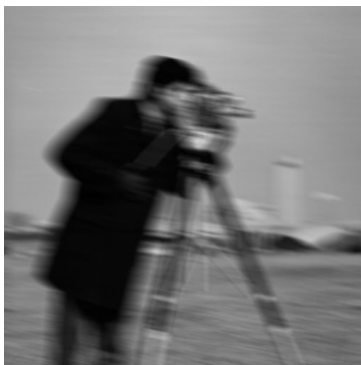


Imagen con Ruido



Ruido + Filtro de Wiener



Ruido + Filtro Paramétrico

Se utilizó el valor de $K = 0,0006$ para el filtro de Wiener y se utilizó el valor de **gamma = 0.0005** para el filtro paramétrico. Se puede ver que los resultados en el fondo son casi iguales, sin embargo el filtro de Wiener muestra mayor claridad en los bordes de los objetos en el fondo. Además en el filtro de Wiener se ven más definidos los bordes del hombre. Por otro lado, con el efecto de Wiener se puede obtener una mayor nitidez sin tener que ver un mayor fenómeno de Gibbs.

5. Conclusiones

⁶ Procesamiento digital de imágenes "08_filtrado.pdf" slide 27-31

Se puede concluir que es muy útil saber cómo se pueden identificar tipos de ruidos, porque luego se puede saber que filtros aplicar para disminuir el ruido. Entender que ruidos existen y cómo cambian las imágenes es como entender diferentes síntomas de pacientes. Luego ya sabiendo que distintos síntomas existen, uno puede identificarlos en un paciente, y a partir de ese diagnóstico, se puede identificar un posible “tratamiento” para arreglar la imagen.

También es muy importante saber cómo cambiar diferentes parámetros para poder utilizar correctamente los filtros, ya que a un valor determinado el filtro puede ser mucho peor que otro pero a otro valor determinado puede ser mucho mejor. Esto lo podemos ver reflejado en los resultados de los filtros frecuenciales de Wiener y Paramétrico.

6. Referencias

- [1] Procesamiento digital de imágenes “07_ruido_y_filtrado.pdf”
- [2] Procesamiento digital de imágenes “08_filtrado.pdf”
- [3] Procesamiento digital de imágenes “09_filtrado.pdf”