

Restauración de fotografías antiguas de la familia

*Impainting

1st Hermes Mac Kevin Cabanillas Encarnación

Número Usp: 10659953

Cartavio, Perú

mac_20_k@hotmail.com

Resumo—El marco de este proyecto es la restauración digital de fotografías, esto es, el proceso por el cual se recupera una imagen original que ha sido degradada por las imperfecciones de adquisición: emborronamiento, ruido o pérdida de información.

Uno de los métodos más sencillos y muy utilizados en inpainting es el basado en la construcción de una pirámide Gaussiana, donde la imagen se reduce sucesivamente hasta no tener valores desconocidos en ella, para después ampliar sucesivamente la imagen y sustituir las zonas desconocidas de la imagen reducida por los píxeles conocidos correspondientes de la imagen ampliada. Este técnica se basa principalmente en interpolar píxeles desconocidos utilizando la información de la vecindad, realizando dicho proceso en una sucesión de imágenes de cada vez menor resolución espacial.

Index Terms—impainting, restauración, fotografías

I. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Dada una imagen que contiene una región (conjunto de píxeles) desconocida, el problema es restaurar las imágenes dañadas, el cual consiste en modificar los píxeles de dicha región de tal forma que no destaquen con respecto a los píxeles circundantes.

El propósito de este proceso puede ser restaurar porciones dañadas de una imagen.

Evidentemente, esta definición se ha realizado para el problema de una única imagen. Sin embargo, el problema puede extenderse fácilmente a un problema multi-imagen o de restauración de secuencias de video, scáneres 3D, etc.

A continuación se muestran algunas de las pruebas más significativas realizadas. Se han empleado **imágenes digitales naturales** con diferente número y tamaño de regiones desconocidas.

II. DESARROLLO

A. Restauración de pixeles faltantes (Impainting)

Partiendo de una imagen original que se denomina G_0 y que contiene una región desconocida en ella, se interpolan aquellos píxeles desconocidos que tengan

dos vecinos a su derecha, izquierda, arriba y abajo conocidos:

a) *Interpolación hacia la derecha:* Sea $G_0(i, j)$ un pixel desconocido de la imagen G_0 . Si sus dos vecinos derechos son conocidos, se interpola su valor como dos veces el valor del vecino a su derecha $G_0(i, j + 1)$ menos el valor del pixel siguiente $G_0(i, j + 2)$.

b) *Interpolación hacia la izquierda:* Sea $G_0(i, j)$ un pixel desconocido de la imagen G_0 . Si sus dos vecinos izquierdos son conocidos, se interpola su valor como dos veces el valor del vecino a su izquierda $G_0(i, j - 1)$ menos el valor del pixel siguiente $G_0(i, j - 2)$.

c) *Interpolación hacia abajo:* Sea $G_0(i, j)$ un pixel desconocido de la imagen G_0 . Si sus dos vecinos abajo son conocidos, se interpola su valor como dos veces el valor del vecino a abajo $G_0(i + 1, j)$ menos el valor del pixel siguiente $G_0(i + 1, j + 1)$.

d) *Interpolación hacia arriba:* Sea $G_0(i, j)$ un pixel desconocido de la imagen G_0 . Si sus dos vecinos arriba son conocidos, se interpola su valor como dos veces el valor del vecino a arriba $G_0(i - 1, j)$ menos el valor del pixel siguiente $G_0(i - 1, j + 1)$.

e) *Interpolación hacia la inferior derecha:* Sea $G_0(i, j)$ un pixel desconocido de la imagen G_0 . Si sus dos vecinos inferiores derechos son conocidos, se interpola su valor como dos veces el valor del vecino a su inferior derecha $G_0(i + 1, j + 1)$ menos el valor del pixel siguiente $G_0(i + 2, j + 2)$.

f) *Interpolación hacia la inferior izquierda:* Sea $G_0(i, j)$ un pixel desconocido de la imagen G_0 . Si sus dos vecinos inferiores izquierdos son conocidos, se interpola su valor como dos veces el valor del vecino a su inferior izquierdo $G_0(i - 1, j - 1)$ menos el valor del pixel siguiente $G_0(i - 2, j - 2)$.

g) *Interpolación hacia la superior derecho:* Sea $G0(i, j)$ un píxel desconocido de la imagen $G0$. Si sus dos vecinos superiores derechos son conocidos, se interpola su valor como dos veces el valor del vecino a su superior derecha $G0(i - 1, j + 1)$ menos el valor del píxel siguiente $G0(i - 2, j + 2)$.

h) *Interpolación hacia la superior izquierdo:* Sea $G0(i, j)$ un píxel desconocido de la imagen $G0$. Si sus dos vecinos superiores izquierdos son conocidos, se interpola su valor como dos veces el valor del vecino a su superior izquierdo $G0(i - 1, j - 1)$ menos el valor del píxel siguiente $G0(i - 2, j - 2)$.

Por lo tanto, el píxel $G0(i, j)$ deja de pertenecer a la región desconocida, este es la mediana de estas interpolaciones.

Tras esta interpolación de los píxeles del margen de la región desconocida, se procede a reducir la imagen mediante submuestreo y se obtiene la imagen $G1$, el siguiente nivel en la pirámide Gaussiana. A la vez que se reduce el tamaño de la imagen, también lo hará la región desconocida.

Una vez obtenida la imagen del nivel 1, se vuelven a interpolar aquellos píxeles desconocidos que tengan dos vecinos derechos conocidos. Observe que cuando ampliemos esta imagen, el nuevo valor $G1(i, j)$ dará lugar a un conjunto nuevo de píxeles que antes no existían.

Este procedimiento de interpolar y reducir continúa hasta llegar a un nivel de la pirámide Gn , donde no existe ningún píxel desconocido o, al interpolar, todos los píxeles desconocidos pasan a ser conocidos. Este es el último nivel de la pirámide.

A continuación, a partir de la imagen Gn , donde no existen píxeles desconocidos, se amplía para obtener una imagen del mismo tamaño que $Gn - 1$. Los píxeles desconocidos de la imagen del nivel $n - 1$ se sustituyen por los correspondientes píxeles de la imagen ampliada a partir de Gn , y únicamente esos. Por lo tanto, la imagen $Gn - 1$ no contiene ningún píxel desconocido. Esta imagen se amplía para obtener una imagen ampliada sin elementos desconocidos del mismo tamaño que la imagen del nivel $n - 2$ de la pirámide. Se procede a sustituir los píxeles desconocidos de la imagen $Gn - 2$ por los píxeles de la imagen ampliada.

Este proceso se repite hasta llegar al nivel 1 de la pirámide, donde se habrá obtenido una imagen sin regiones

desconocidas.

El pseudo-código de este algoritmo:

1) **Mientras** haya píxeles desconocidos **hacer**

- a) Interpolar por la derecha, izquierda, arriba y abajo los píxeles desconocidos.
- b) Reducir mediante operadores de reducción local mediana.

2) **Mientras** no esté en el nivel 1 de la pirámide **hacer**

- a) Ampliar la imagen mediante interpolación bicúbica.
- b) Sustituir los píxeles desconocidos por los píxeles de la imagen ampliada situados en la misma posición.

III. RESULTADOS

En este trabajo se ha pretendido que la finalidad de este algoritmo sea la de restaurar imágenes donde parte de su información se ha perdido. Por lo tanto, para poder medir si las modificaciones introducidas en el algoritmo aportan una mejora al mismo, es necesario el uso de una medida para comparar el resultado obtenido con la imagen original. Esto permitirá poder comparar y analizar los resultados obtenidos.

Se ha decidido utilizar el error cuadrático medio (en inglés Mean Square Error, en adelante MSE) como medida para comparar dos imágenes. El MSE de una imagen consigo misma es 0, por lo tanto, cuanto menor sea el valor obtenido, mejor será la aproximación a la imagen original.

A continuación se muestran algunas de las pruebas más significativas realizadas. Se han empleado imágenes digitales naturales con diferente número y tamaño de regiones desconocidas.

A. Caso 01

En este caso analizaremos una fotografía con una zona desconocida muy significativa en la parte del rostro, entre la oreja y el cuello. Esto se logra mediante 4 iteraciones en nuestra Pirámide Gaussiana.

- Se parte de la fotografía mostrada (1)
- Se obtiene la máscara (1) mediante extracción de características con la fotografía original (2)
- Pirámide Gaussiana: Interpolación y reducción (3)
- Pirámide Gaussiana: Ampliación bicúbica y copia de los píxeles nuevos (4)
- Fotografía restaurada (5)

- El MSE inicial fue de 21.78039 y el MSE de la imagen restaurada con el algoritmo de la Piramide Gaussiana es de 6.69240, obteniendo una mejora de 69.2732%(I).

Tabela I
MSE DEL 1ER CASO

	Fotografía dañada	Fotografía restaurada
Fotografía original	21.78039	6.69672*

*Una mejora del 69.25340%

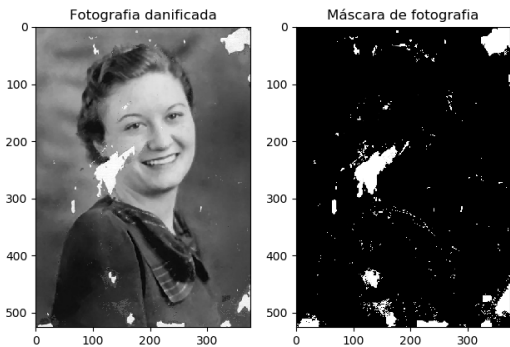
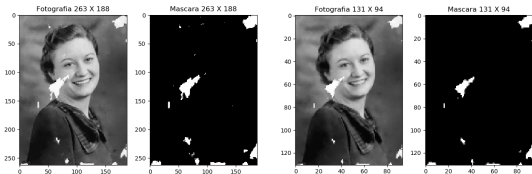


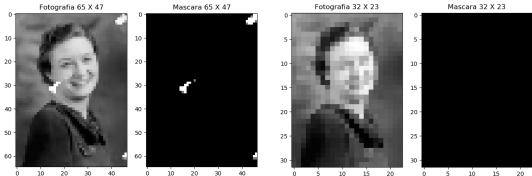
Figura 1. Fotografía 1er caso a probar. El MSE entre la fotografía original(2) y la fotografía dañada(1) es de 21.78039



Figura 2. Fotografía original del 1er caso.



(a) 1era iteracion. (b) 2da iteracion.



(c) 3era iteracion. (d) 4ta iteracion.

Figura 3. Imagen resultante de la interpolación por los 8 lados y reducción de mediana.



(a) 1era iteracion. (b) 2da iteracion.



(c) 3era iteracion. (d) 4ta iteracion.

Figura 4. Imagen resultante de la ampliación y la copia de los pixeles nuevos.

B. Caso 02

En este caso analizaremos una fotografía con una zona dañana en la pare del ojo izquierdo. Esto se logro mediante 3 iteraciones en nuestra Piramide Gaussiana.

El MSE inicial fue de 8.0378 y el MSE de la imagen restaurada con el algoritmo de la Piramide Gaussiana es de 2.8679, obteniendo una mejora de 64.3201%(II).



Figura 5. Fotografia restaurada del 1er caso. El MSE entre la fotografia original(2) y la fotografia restaurada(5) es de 6.69240

Tabela II
MSE DEL 2DO CASO

	<i>Fotografia dañada</i>	<i>Fotografia restaurada</i>
<i>Fotografia original</i>	8.03789	2.86791*

*Una mejora del 64.3201%

C. Caso 03

En este otro ejemplo, partimos de una imagen en la que hay mayor cantidad de zonas desconocidas, pero cada una de ellas es de menor tamaño. Esto se logra mediante 3 iteraciones en nuestra Piramide Gaussiana.

El MSE inicial fue de 13.0395 y el MSE de la imagen restaurada con el algoritmo de la Piramide Gaussiana es de 4.7466, obteniendo una mejora de 63.5983%(III).

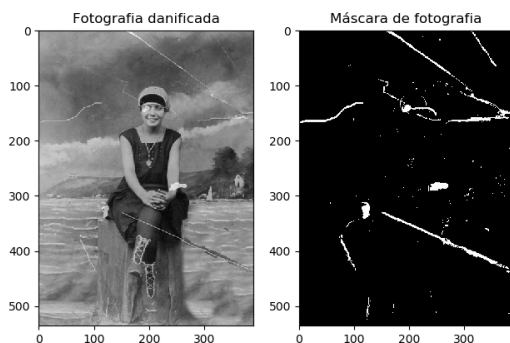


Figura 6. Fotografia 2do caso a probar. El MSE entre la fotografia original(7) y la fotografia dañada(6) es de 8.0378

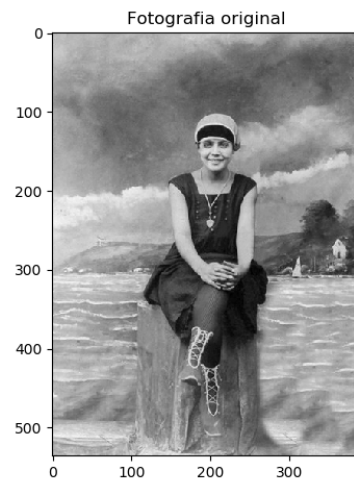


Figura 7. Fotografia original del 2do caso.

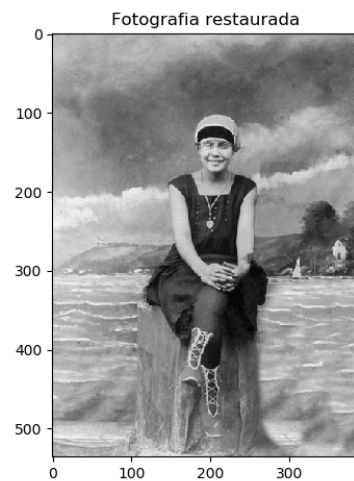


Figura 8. Fotografia restaurada del 2do caso. El MSE entre la fotografia original(7) y la fotografia restaurada(8) es de 2.8679

Tabela III
MSE DEL 3ER CASO

	<i>Fotografia dañada</i>	<i>Fotografia restaurada</i>
<i>Fotografia original</i>	13.0395	4.7466*

*Una mejora del 63.5983%

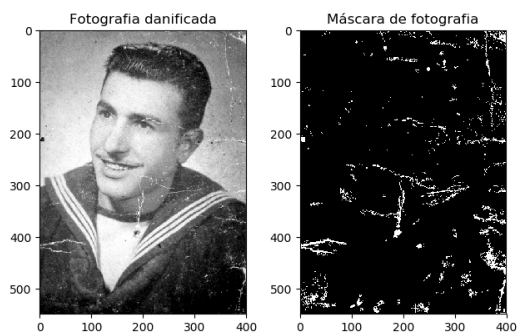


Figura 9. Fotografía 3er caso a probar. El MSE entre la fotografía original(10) y la fotografía dañada(9) es de 13.0395

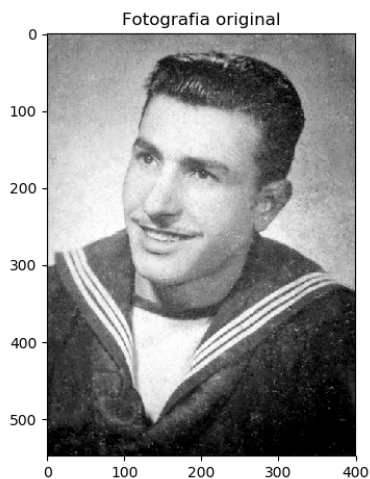


Figura 10. Fotografía original del 3er caso.

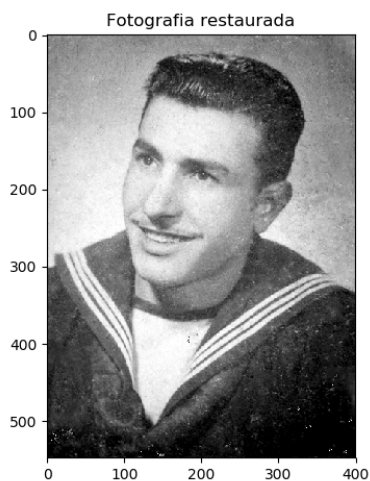


Figura 11. Fotografía restaurada del 3er caso. El MSE entre la fotografía original(10) y la fotografía restaurada(11) es de 4.7466

D. Caso 04

En este otro ejemplo la parte dañana es mayormente en el fondo, el cual es muy extenso, se intentara reconstruir esa parte mediante 5 iteraciones en nuestra Piramide Gaussiana

El MSE inicial fue de 17.5292 y el MSE de la imagen restaurada con el algortimo de la Piramide Gaussiana es de 7.9053, obteniendo una mejora de 54.9019%(IV).

Tabela IV
MSE DEL 4TO CASO

	<i>Fotografía dañada</i>	<i>Fotografía restaurada</i>
<i>Fotografía original</i>	17.5292	7.9053*

*Una mejora del 54.9019%

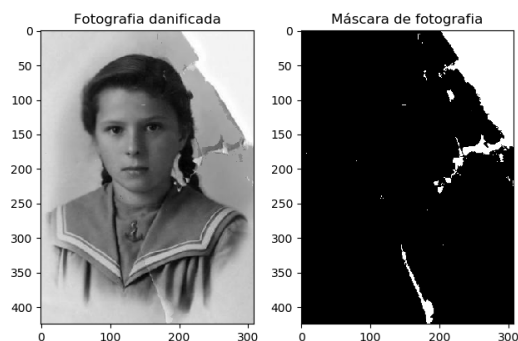


Figura 12. Fotografía 4to caso a probar. El MSE entre la fotografía original(13) y la fotografía dañada(12) es de 17.5292



Figura 13. Fotografía original del 4to caso.



Figura 14. Fotografía restaurada del 4to caso. El MSE entre la fotografía original(13) y la fotografía restaurada(14) es de 7.9053

E. Caso 05

Esta fotografía obtuno un resultado muy satisfactorio más del 90% mejoro nuestro RSE obteniendo una fotografía casi identica a la original, en este ejemplo se ven daños en 2 líneas cruzadas, las cuales se intentara recuperar.

El MSE inicial fue de 15.7284 y el MSE de la imagen restaurada con el algortimo de la Piramide Gaussiana es de 1.3972, obteniendo una mejora de 91.1161%(V).

Tabela V
MSE DEL 5TO CASO

	<i>Fotografía dañada</i>	<i>Fotografía restaurada</i>
<i>Fotografía original</i>	15.7284	1.3972*

*Una mejora del 91.1161%

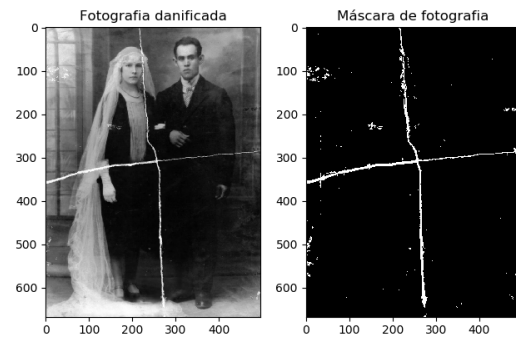


Figura 15. Fotografía 5to caso a probar. El MSE entre la fotografía original(16) y la fotografía dañada(15) es de 15.7284

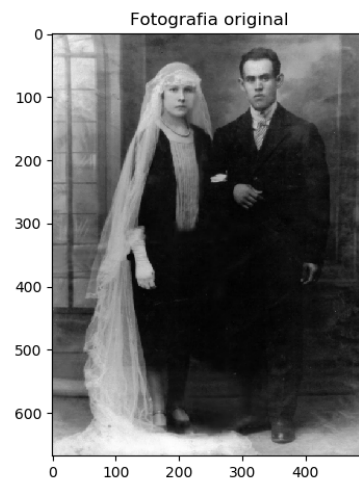


Figura 16. Fotografía original del 5to caso.

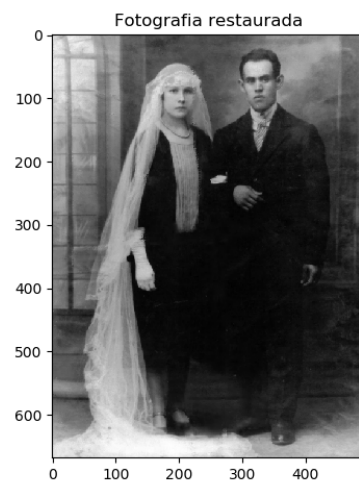


Figura 17. Fotografía restaurada del 5to caso. El MSE entre la fotografía original(16) y la fotografía restaurada(17) es de 1.3972

IV. CONCLUSIONES

Mediante este trabajo se ha realizado una introducción a los métodos de inpainting. El algoritmo de la pirámide Gaussiana es sencillo pero eficiente y se ha modificado con técnicas estudiadas en el curso. Por lo que ha supuesto una profundización en dichos conceptos y técnicas además de introducirse en el mundo de inpainting.

Tal y como se ha podido demostrar mediante el estudio experimental, las restauraciones de las fotografías han supuesto una mejora del mismo. El resultado de las pruebas experimentales ha demostrado que para regiones desconocidas pequeñas o que no contengan grandes cambios de intensidad, las alternativas propuestas para la reducción mediante operadores de agregación, la interpolación en ocho direcciones, y la ampliación han permitido obtener mejores resultados en la restauración de imágenes.

Para regiones desconocidas mayores, se propone el estudio de métodos de inpainting más sofisticados.

Para automatizar la obtención de la máscara se propone utilizar cnn para la clasificación de posibles segmentos dañados dentro de la imagen.