

AHE (ECUALIZACIÓN DEL HISTOGRAMA ADAPTATIVO)

Dpto. Física aplicada e Ingeniería de Sistemas

Grupo de Control e Informática Industrial

Universidad Politécnica de Madrid

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Madrid

c/ Ronda de Valencia, 3, 28012 Madrid, España

Carlos J. Vicente Peña

cvicente@correo.fais.upm.es, cplatero@fais.upm.es

Resumen: *Adaptive Histogram Equalization* es un método de realzamiento que mejora los inconvenientes que creaba el anterior método el *local-area histogram equalization (lahe)*. Estos inconvenientes a resolver en el nuevo método son que el *lahe* poseía velocidades bajas y un realzamiento excesivo del ruido. El *ahe* afrontará estos inconvenientes a partir de la interpolación y por la realización de una limitación del histograma (*clipped ahe*). A lo largo de la documentación veremos como afectan estos resultados a algunas imágenes y a la vez veremos cuales van siendo los mejores datos a introducir en las funciones.

Palabras claves: operaciones punto por punto: ecualización del histograma

1 Introducción

El método *lahe* (*local-area histogram equalization*) es un método de realzamiento de contraste diseñado para ser aplicado en general y que ha demostrado su efectividad. Se ha comprobado que el método *lahe* es capaz de realzar zonas en las que otros métodos no han conseguido nada (como el “*interactive intensity windowing*”). Los problemas que se encuentran en su aplicación son que posee velocidades bajas y que se produce un sobre-realzamiento del ruido.

El método *lahe* básicamente consiste en aplicar a cada pixel la ecualización del histograma para obtener el valor correspondiente de salida. El histograma se calculará teniendo en cuenta la zona que corresponde con el entorno de vecindad del pixel en cuestión. A esta zona, que corresponde con el entorno de vecindad del pixel, se la conoce con el nombre de región del contexto (“*contextual region*”). Una vez que se ha realizado la transformación del pixel se pasa al siguiente pixel y se realiza de nuevo el mismo proceso, esto provoca que el método *lahe* sea muy lento por lo cual se han efectuado varias variaciones.

1.1 Ecualización del histograma

La ecualización del histograma es un método que consiste en la variación del histograma de una zona de una imagen (o de la imagen entera) a otra de otra forma. Así si se

posee un histograma del tipo de la figura 1.a y se quiere aproximar a una recta quedará de la forma dada en la figura 1.b.

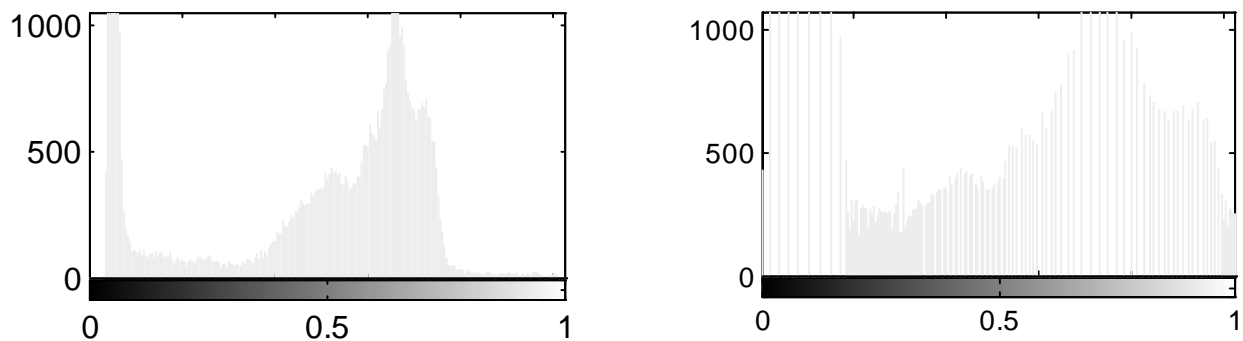


Figura 1: a) Histograma antes de la ecualización b) Histograma después de la ecualización

En el caso de la ecualización del histograma en el *lahe* la transformación del histograma se basa en la probabilidad de un pixel de obtener un valor de gris (o menor). Así en un entorno de vecindad de 9 pixeles que posee esta forma:

0	123	82
10	0	10
10	0	10

Los pixeles poseen valores de grises de 0 a 255 al hacer el histograma se obtienen todos los valores 0 excepto: Histograma[0] = 3; Histograma[10] = 4; Histograma[82] = 1; Histograma[123] = 1.

Para hacer la ecualización del histograma se realiza su histograma acumulativo de tal forma que los valores del histograma son:

Desde el Histograma[0] hasta el Histograma[9] = 3

Desde el Histograma[10] hasta el Histograma[81] = 7

Desde el Histograma[82] hasta el Histograma [122] = 8

Desde el Histograma[123] hasta el Histograma[123] = 9

Si ahora se divide este histograma por el número de pixeles totales se obtendrá la probabilidad mencionada anteriormente, que se corresponde con la función de distribución del histograma inicial.

Desde el Histograma[0] hasta el Histograma[9] = $3 / 9 = 0.333$

Desde el Histograma[10] hasta el Histograma[81] = $7 / 9 = 0.778$

Desde el Histograma[82] hasta el Histograma [122] = $8 / 9 = 0.889$

Desde el Histograma[123] hasta el Histograma[123] = $9 / 9 = 1$

Ahora si se hace un mapeo de estos valores al rango que exista de valores de salida, que en este caso se supondrá 256 los nuevos valores serán:

Desde el Histograma[0] hasta el Histograma[9] = 85

Desde el Histograma[10] hasta el Histograma[81] = 198

Desde el Histograma[82] hasta el Histograma [122] = 227

Desde el Histograma[123] hasta el Histograma[123] = 255

Y el entorno de vecindad quedara así:

85	255	227
198	85	198
198	85	198

Así es la ecualización del histograma usado en el *lahe*. Pero en el *lahe* básico solo se modificará el pixel central, los demás se modificaran realizando una ecualización del histograma en su región contextual obteniendo así su valor de salida. Por lo tanto, habrá que hacer una ecualización del histograma para cada pixel de la imagen.

2 Método *ahe*

Se hablará de la interpolación del método *ahe* y de una limitación en el histograma (*clipped ahe*).

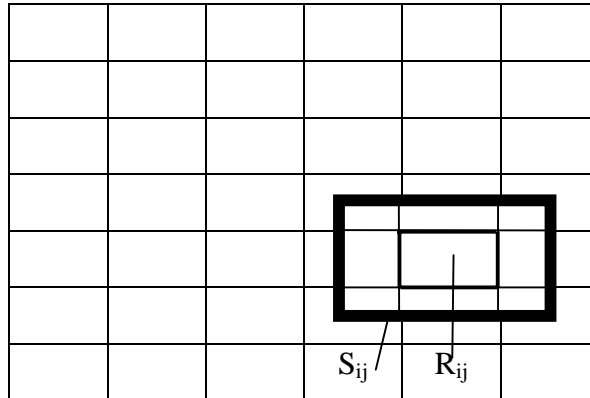
2.1 Interpolación del método *ahe*.

Para rebajar el tiempo de ejecución del método *lahe*, en vez de hacer la ecualización del histograma de todos los pixeles (con sus correspondientes regiones de contexto), se realizará solo en algunos puntos. Así, por ejemplo, se puede dividir una imagen en forma de mosaico.

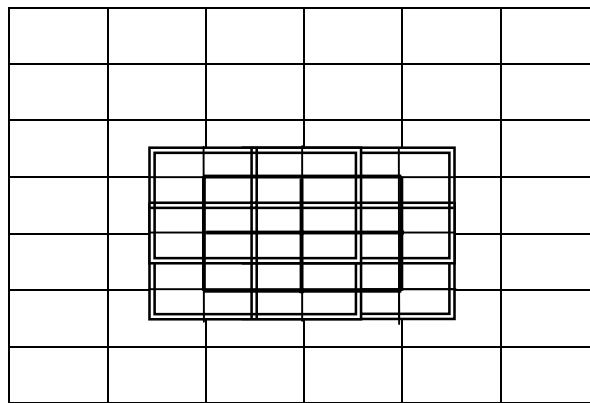
•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•

En ella se puede observar que cada pixel mostrado posee una región contextual. El método consiste en realizar la ecualización del histograma de cada zona. El único valor que se modificará con cada ecualización será el pixel central, los demás se obtendrán de otra forma (mediante la interpolación).

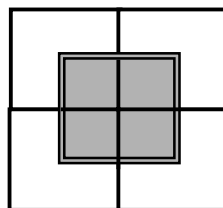
Cada región contextual afectará con su ecualización del histograma a una zona que es doble a la que ocupa, así una región R_{ij} afectará a una zona S_{ij} .



Así si cogemos 4 regiones vecinas se obtiene:



Se puede observar que hay una zona que esta afectada por las cuatro regiones. En esta zona se producirá un mapeo de los puntos pertenecientes a ella por interpolación de las cuatro zonas mencionadas.



El valor final de cada pixel se obtendrá por la aplicación del mapeo del pixel con su peso correspondiente a cada zona:

Si se considera que:

M_{--} = Mapeo de la zona superior izquierda. (x_{-} , y_{-})

M_{+-} = Mapeo de la zona superior derecha. (x_{+} , y_{-})

M_{-+} = Mapeo de la zona inferior izquierda. (x_{-} , y_{+})

M_{++} = Mapeo de la zona inferior derecha. (x_{+} , y_{+})

- -	+ -
- +	+ +

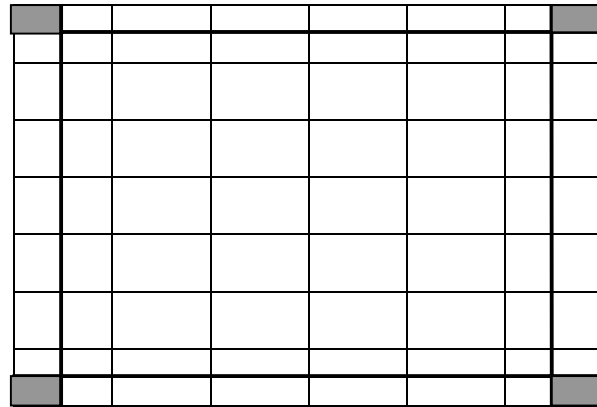
El valor de salida será:

$$m(i) = a [b \cdot m_{-}(i) + (1 - b) \cdot m_{+-}(i)] + [1 - a] [b \cdot m_{+}(i) + (1 - b) \cdot m_{++}(i)]$$

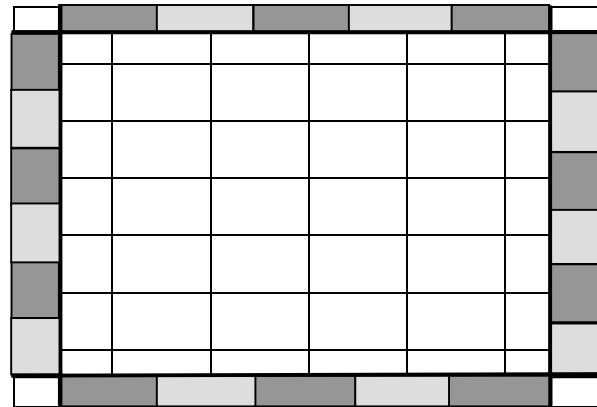
donde:

$$a = (y_{+} - y_{-}) / (y_{+} - y_{-}) \quad y \quad b = (x_{+} - x_{-}) / (x_{+} - x_{-})$$

Así se obtienen los puntos pertenecientes a la parte central de la imagen. Para los bordes y las esquinas habrá que actuar de otra forma. En las esquinas no será necesario la interpolación puesto que cada esquina solamente estará afectada por una región contextual.



En cambio en los bordes, cada borde se verá afectado por 2 zonas.



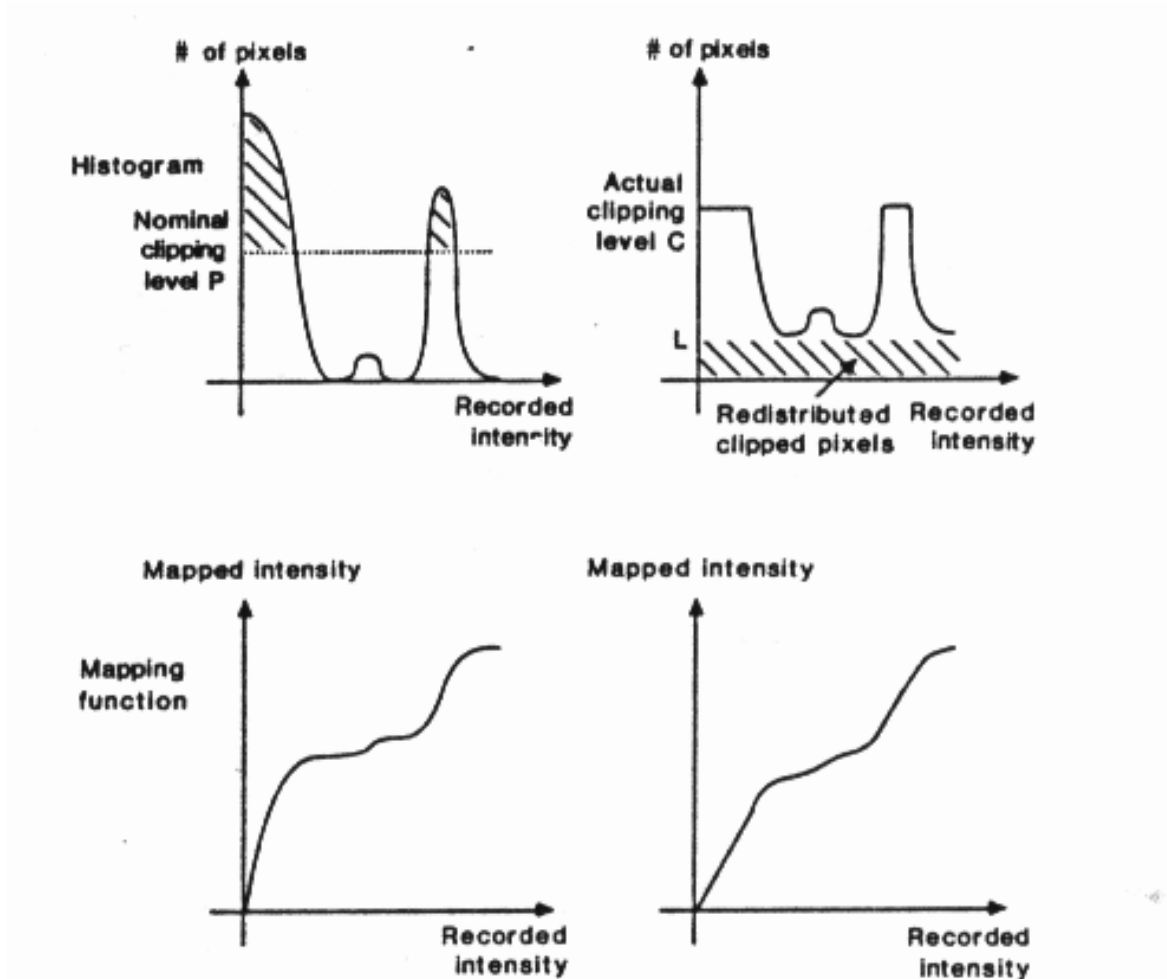
2.2 Limitación del histograma (*Clipped ahe*).

El realzamiento del ruido puede llegar a ser un problema. Esto ocurre cuando el rango de la intensidad de la imagen en una región del contexto no tiene un buen reparto en comparación con el nivel de ruido, esto es, con relación a regiones homogéneas.

Altos picos en el histograma son normalmente causados por regiones uniformes cercanas. En tal caso, con el mapeo dado a la ecuación del histograma ordinario, un

estrecho rango de valores de entrada de intensidad es mapeado a un ancho rango de valores de intensidad de salida, quizás sobrealzando el ruido. Pero forzando un máximo en la cuenta del histograma se limitará la cantidad de realzamiento de contraste y además el realzamiento del ruido.

Cuando el realzamiento del contraste es reducido a una localización este debe ser incrementado en otras áreas para que el rango completo de entradas de intensidad sea mapeado al rango completo de salidas de intensidad. Esto corresponde a renormalizar el histograma después de cortarlo para que su área devuelva a su valor original.



3 Conclusiones

El método *ahe* es un método para mejorar el método *lahe*. Las mejoras consisten en una reducción de la velocidad de resolución por medio de la interpolación.

Los factores que influyen en el método *ahe* son el número de divisiones en la imagen, que influyen en el tamaño de la región del contexto. Cuanto mayor sea el tamaño de la región del contexto se obtendrán por un lado menores tiempos de ejecución y a su vez menos realzamiento de los detalles.

Imagen original



ahe con una division en x e y



ahe con 5 divisiones en x e y



ahe con 20 divisiones en x e y



En la anterior figura se puede ver como a medida que se aumente el número de divisiones se obtiene mas realzamiento de los detalles. Cuanto mayor sea el número de divisiones se ve que se pierde claridad en la imagen a consecuencia de obtener mayores diferencias en cuanto a la visibilidad de los detalles, se obtiene un mayor contraste entre ellos.

Este método es bastante bueno para imágenes que se obtengan y que posean bajo contraste, así por ejemplo en una imagen cuando se hace la ecuálización del histograma lo que se realiza es un aumento en el contraste de tal forma que se puedan ver los detalles que no están a nuestro alcance. Analizando la chaqueta se observa como se obtienen los detalles en la imagen.

Imagen original



ahe con una division en x e y



ahe con 5 divisiones en x e y



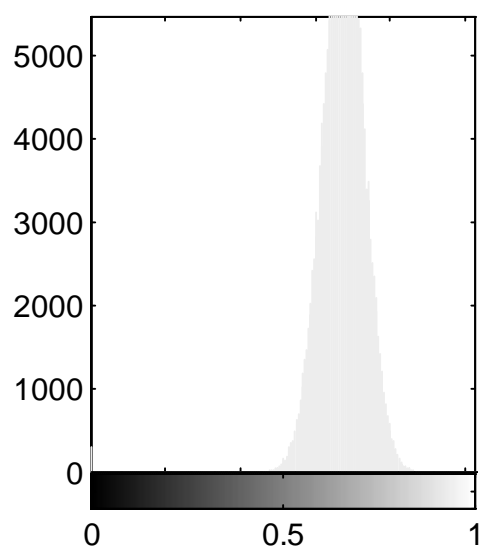
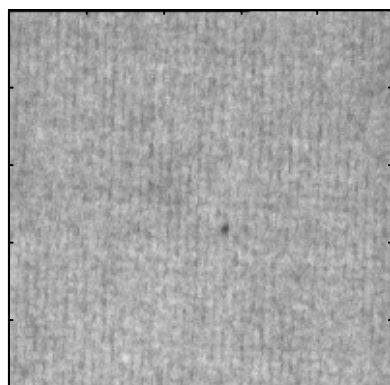
ahe con 20 divisiones en x e y



A medida que se aumentan las divisiones se han ido obteniendo mayores detalles en la chaqueta y sus alrededores. Se observa como con 20 divisiones la imagen recoge las diferencias en la tonalidad de la pared, que antes eran débiles, como líneas negras.

3.1.1 Conclusiones en cuanto a la pasta de papel.

Imagen de la pasta de papel

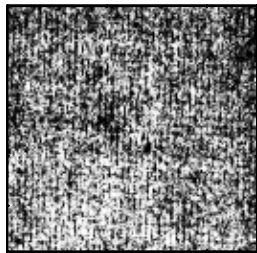


El proyecto de la pasta de papel consiste en la inspección de las laminas de papel para ver si en ellas existe algún defecto en la textura. Una solución para la localización de los defectos es buscar un método para separar lo máximo posible los valores de gris de los defectos de los de la textura. Si se logra este objetivo será fácil la segmentación de las imágenes capturadas y si existe el defecto encontrarlo fácilmente. Por el contrario si no existe una diferencia clara entre el defecto y el fondo cuando se realice la segmentación podrán aparecer como defecto ciertas partes del fondo que no lo son, a estas zonas del fondo que pueden aparecer como defectos se las conoce como falsas alarmas. A su vez si queriendo evitar encontrar falsas alarmas bajamos el umbral de segmentación se puede dar el caso de no encontrar todos los defectos.

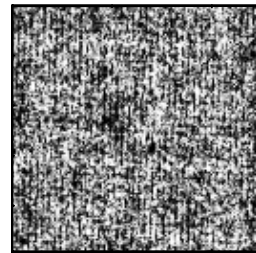
En la pasta de papel se observa que el método *ahe* no es un buen método de realzamiento, si se observa la textura de la pasta de papel se ve que posee un gran abanico de niveles de gris, además si se analiza su histograma se ve que los niveles de gris que están mas cerca del negro poseen pocos valores lo que implicará que al hacer la ecualización sufrirán una transformación que les pondrá un valor muy próximo al negro, y esto confundirá puesto que ya no será tan fácil distinguir el error.

Se aplicará en la anterior imagen el método *ahe* con 1, 5, 20 y 50 divisiones.

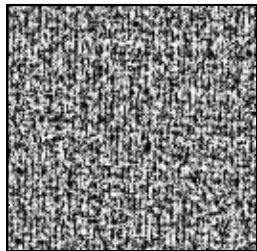
Con una división en x e y



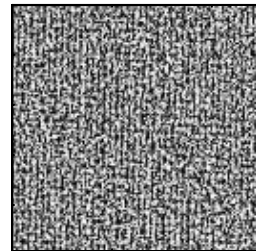
Con 5 divisiones en x e y



Con 20 divisiones en x e y

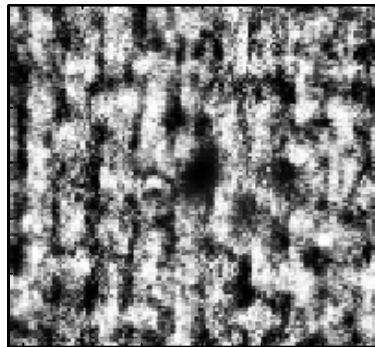


Con 50 divisiones en x e y

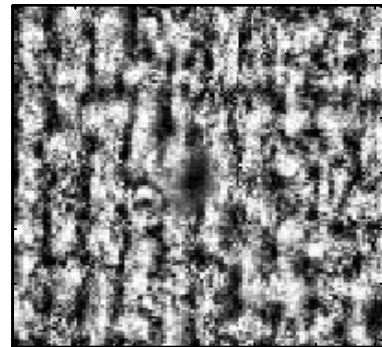


Como se puede ver en las imágenes los defectos no aparecen claros, no hay una clara diferencia entre el fondo y el defecto, cuando aumenta el número de divisiones el error no se va haciendo más oscuro con respecto al fondo si no que se vuelve mas claro. Si se hace un zoom a las imágenes se verán estos resultados. Al hacer el *ahe* el defecto aparece resaltado pero se podría decir con toda seguridad que es mejor la imagen original que la realizada.

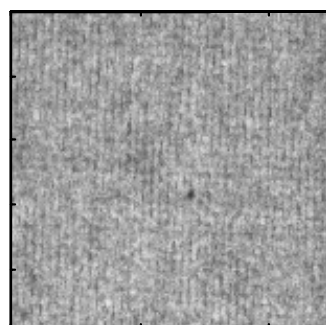
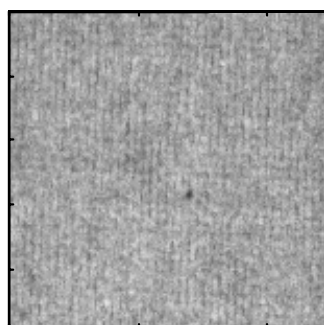
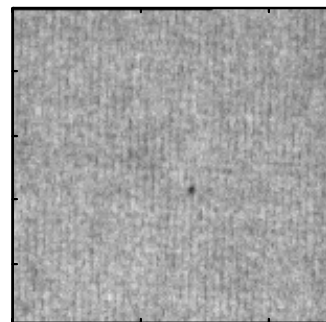
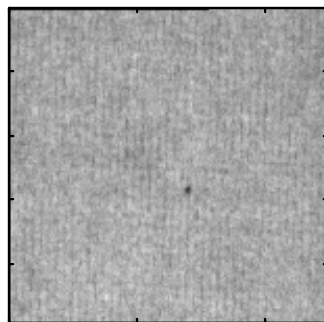
Con 20 divisiones en x e y



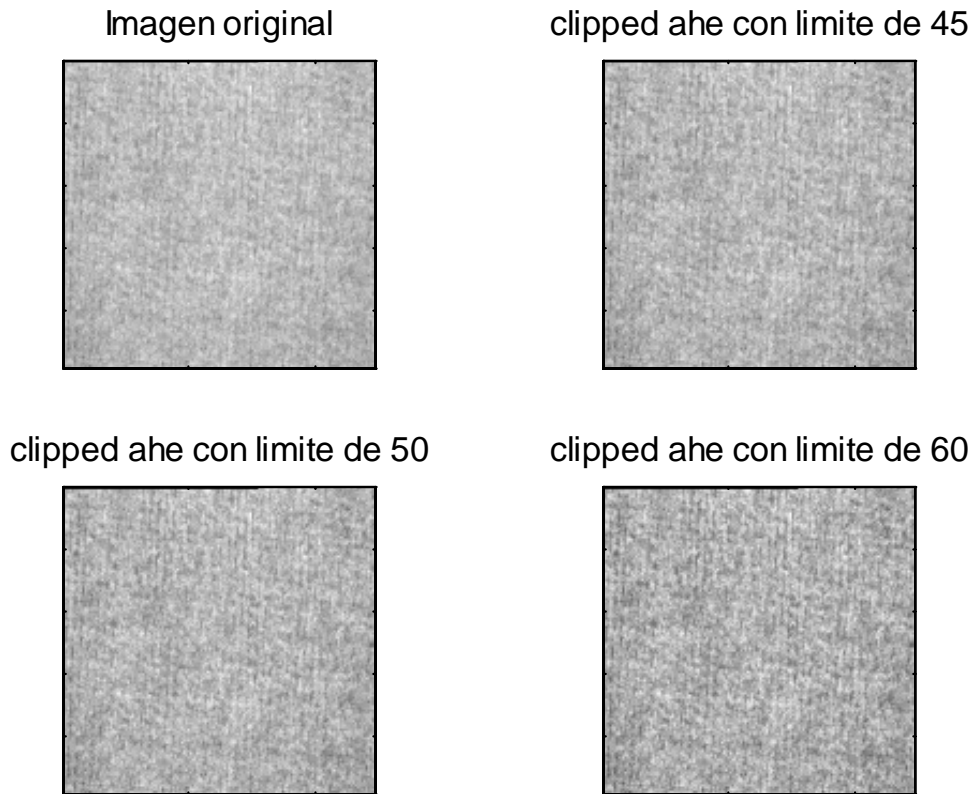
Con 50 divisiones en x e y



Ante estos resultados se aplica un *clipped ahe* para ver si se pueden frenar estos resultados. Se aplicará a un número de divisiones de 5 en x e y.



Con este método se resalta mas el defecto pero se tiene el problema que el fondo también se oscurece por lo que se tendrán problemas con la segmentación por lo que las falsas alarmas aparecerán en mayor número que antes, aunque habría que verlo, además en esta foto se ve claramente el defecto en otras no se conseguirá gran cosa. A continuación se muestra una foto en la cual el defecto no esta claro.



En estas imágenes el defecto apenas es apreciable y al hacer el *clipped ahe* es posible que lo único que se consiga es que el algoritmo de segmentación no logre detectar el defecto o que crea que hay un defecto donde no lo hay.

Como conclusión se puede decir que el método *ahe* no es válido para la pasta de papel. Además, si se tiene en cuenta que las falsas alarmas tienen menos área que el defecto, cuando se haga la ecualización del histograma, las falsas alarmas aparecerán más negras que el defecto, lo que hará que sea más difícil su segmentación.

4 Bibliografía

[Pizer87] Pizer, M.S., *Adaptive Histogram Equalization and its Variations*, Computer Vision, Graphics and Image processing, 39, pp 355-368, 1987

[Gauch98] www.tisl.ukans.edu/~jgauch/kuim/contrast/ahe.html