

# Compresión de imágenes usando la transformada de wavelet y el algoritmo de Huffman

Alejandro Henao González

## RESUMEN

Este artículo explica el proceso de descomposición de imágenes usando la transformada discreta de wavelet. Así mismo describe como recuperar una imagen usando los coeficientes de wavelet, y demuestra como la aplicación del algoritmo de Huffman a dichos coeficientes, ofrece un nivel de compresión de un poco más del 50%.

*Palabras Clave*— Algoritmo de Huffman, compresión, Imágenes, transformada de wavelet discreta.

## ABSTRACT

This article, explains the process of decomposition of images using the discrete wavelet transform. It also describes how to recover an image using the wavelet coefficients, and demonstrate how the application of Huffman Algorithm on these coefficients, provides a compression ratio of a little over 50%.

*Keywords*— Compression, discrete wavelet transform, Huffman Algorithm, Images.

## I. INTRODUCCIÓN

Este artículo pretende explicar el proceso que se sigue cuando se pretende comprimir imágenes usando la transformada de wavelet, y el algoritmo de compresión de Huffman. Así mismo se desea mostrar como se afecta la imagen en todo el proceso, hacer la comparación de la imagen original con la imagen reconstruida, y demostrar como la transformada de wavelet nos permite alcanzar grandes porcentajes de compresión en comparación con el uso único del algoritmo de huffman.

## II. TRANSFORMADA DE WAVELET.

La transformada wavelet consiste en comparar la señal con ciertas funciones wavelet, las cuales se obtienen a partir de las wavelet madre. La comparación permite obtener unos

coeficientes que son susceptibles de interpretación y posterior manipulación. En cualquier caso, un requisito básico es la posibilidad de invertir la transformada, recuperando la señal a partir de esos coeficientes wavelet calculados.

La transformada de wavelet es un caso especial de la transformada de Fourier, y así como para la transformada de Fourier se usan unos algoritmos discretos como el FFT, así mismo en la transformada de wavelet usamos el DWT, es decir, la transformada de Wavelet discreta.

El cálculo de la transformada wavelet para todas las posibles escalas supone una gran cantidad de información. Escoger solo aquellas escalas y posiciones que resulten interesantes para ciertos estudios es una tarea difícil. Si se escogen aquellas escalas y posiciones basadas en potencias de dos, los resultados serán más eficaces. Este análisis se denomina DWT.

Para muchas señales la información más importante se encuentra en las frecuencias bajas, mientras que en las altas frecuencias se encuentran los detalles o matices de la señal. Por ejemplo, en el caso de la voz humana, si eliminamos los componentes con altas frecuencias, la voz suena diferente pero se sigue entendiendo su mensaje. En cambio, si lo que se elimina son las componentes de bajas frecuencias, el mensaje se vuelve irreconocible. Por eso el análisis wavelet permite descomponer la señal en aproximaciones y detalles, a éste proceso se le conoce con el nombre de análisis. Este filtrado nos proporciona el doble de datos de los que son necesarios, este problema se soluciona con la operación de diezmado.<sup>1</sup>

Alejandro Henao González: 82200618524 [alejohenaog@gmail.com](mailto:alejohenaog@gmail.com), estudiante de Ingeniería de sistemas y Telecomunicaciones, Universidad de Manizales.

<sup>1</sup> Tomado del artículo Análisis de señales mediante wavelets, de la universidad de Oviedo. Ver Referencia bibliográfica [1].

### III. APLICANDO LA TRANSFORMADA DE WAVELET EN IMÁGENES.

#### A. Descomposición de la Imagen.

Según el Artículo “La transformada de Wavelet Discreta” de la universidad de Oviedo [2]: “Si a una imagen le aplicamos la DWT obtenemos cuatro tipos de coeficientes: aproximaciones, detalles horizontales, detalles verticales y detalles diagonales. La aproximación contiene la mayor parte de la energía de la imagen, es decir, la información más importante, mientras que los detalles tienen valores próximos a cero.”

Al Descomponer la imagen, estamos logrando tener una imagen que contendrá la mayor parte de la información, si a esta imagen le aplicamos el algoritmo de huffman para comprimirla, dado su histograma no comprimirá mucho más que la original, sin embargo, por el proceso de diezmo, esta imagen ya es más pequeña, además se nos dice que tendremos otras tres imágenes que contienen los detalles, o el matiz de la señal, y que estos detalles tienen valores próximos a cero, esto nos permite tener un histograma concentrado y nos permitirá comprimir más al aplicar huffman. Todo esto se explicará más adelante, por ahora se nombra para que el lector entienda superficialmente que objetivo se busca al aplicar la transformada discreta de wavelet.

#### B. Aplicando la Transformada de Wavelet.

En esta sección del artículo se expone cual es el proceso que se le hace a la imagen para obtener los cuatro coeficientes ya nombrados. Se mostrará como queda visualmente cada uno de los coeficientes, y se explicará el proceso.

Primero que todo la Fig. 1 muestra un diagrama de bloques del proceso por el cual pasará la imagen.

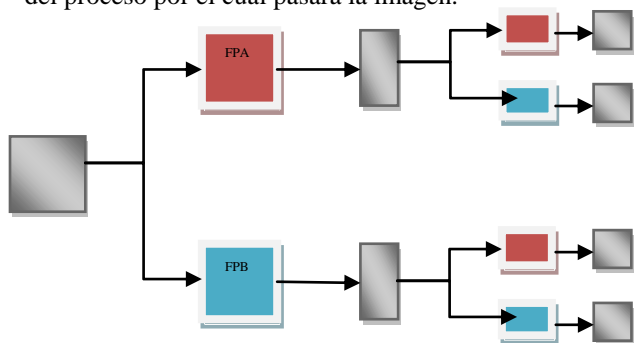


Fig. 1. Diagrama de Bloques del proceso de descomposición por DWT de una imagen. Los Recuadros Grises son una representación simbólica de las imágenes, teniendo una proporción real del tamaño de la imagen. Los recuadros rojos son filtros pasa Alto, y los recuadros azules son filtros pasa bajo.

Como se puede ver en la figura 1, después de pasar por una serie de filtros obtenemos 4 imágenes de la mitad del ancho y

alto que la imagen original. Cada una de estas cuatro imágenes representan cada uno de los coeficientes que se nombraron anteriormente, y será lo que identificaremos a continuación.

Para explicar el proceso tomaremos una imagen de muestra. Fig. 2, y empezaremos a seguirle todo el proceso paso a paso.



Fig. 2 Imagen original antes de entrar en el proceso.

Originalmente tenemos esta imagen (Fig. 2), el primer paso para iniciar la descomposición de la imagen es pasarla por los primeros dos filtros del diagrama de Bloques (Fig. 1) El resultado podemos verlo en la Fig. 3.

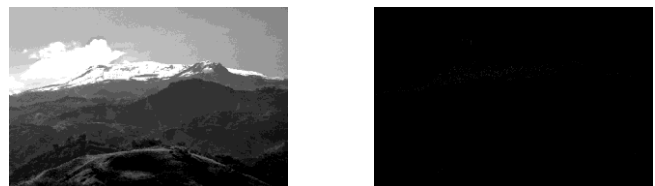


Fig. 3. Estas son las imágenes resultantes de la primera tanda de filtros, antes de ser Diezmadas. La imagen de la izquierda pertenece a la resultante del filtro pasa Bajo, y la de la derecha, es la imagen resultante del filtro pasa Alto.

Una vez que tenemos estas dos imágenes, el paso siguiente es diezmarlas verticalmente. El diezmo vertical consiste en eliminar una columna de por medio en la matriz de la imagen, partiendo del hecho de que entre pixel y pixel la diferencia es despreciable. El resultado que se obtiene podemos verlo en la Fig. 4.

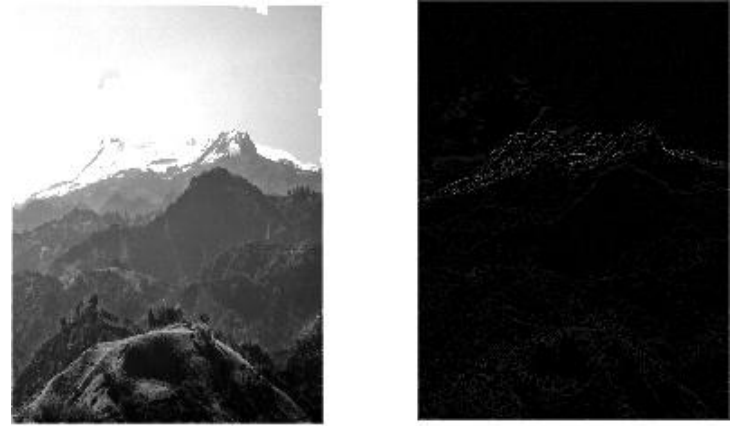
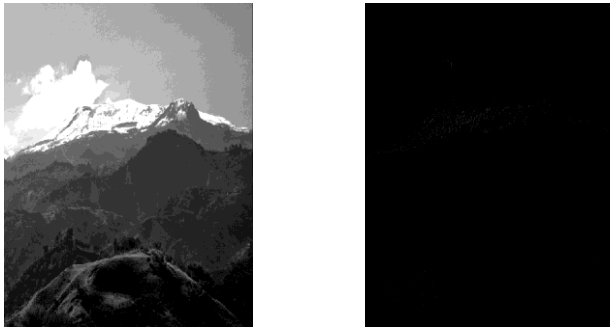


Fig. 4. Estas son las imágenes resultantes de la primera tanda de filtros, Después de ser Diezmadas. La imagen de la izquierda pertenece a la resultante del filtro pasa Bajo, y la de la derecha, es la imagen resultante del filtro pasa Alto. Es recomendable para el lector comparar esta figura con la Fig. 3.

Como podemos ver, vamos en la mitad del proceso según el Diagrama de Bloques. La imagen original tenía una resolución de 1067\*695 pixeles. (ancho \* Alto), ahora en este punto del proceso tenemos dos imágenes cada una con una resolución de 534\*695 pixeles.

El siguiente paso consiste en repetir el proceso, pero usando cada una de estas dos imágenes, y con la diferencia de que después de filtrarlas el diezmado se hará de forma horizontal.

Los resultados después de filtrar la imagen son apreciables en la Fig. 5.

Finalmente se hace un diezmado horizontal a cada una de las cuatro imágenes que se ven en la Fig. 4, y con esto conseguimos nuestros coeficientes de Wavelet. Cada uno de estos puede ser visto en las figuras 5-8. Para este ejemplo cada una de estas figuras tiene una resolución de 534\*348 pixeles.

Como puede verse hasta acá no hay ningún tipo de compresión, pues una imagen de 1067\*695 pixeles se ha transformado en cuatro imágenes de 534\*348 pixeles. Sin embargo se verá en la próxima sección del artículo que al aplicar a estas cuatro imágenes el algoritmo de huffman, se alcanza un buen nivel de compresión.

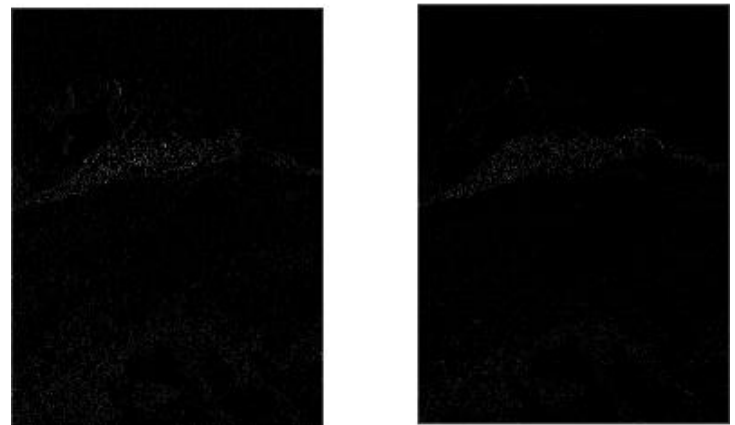


Fig. 4. Estas son las imágenes resultantes de la segunda tanda de filtros, Antes de ser Diezmadas. Las imágenes de la parte izquierda son las que pasaron por un filtro pasa bajo, las de la derecha son las que pasaron por un filtro pasa Alto. Las imágenes de la parte superior son las equivalentes a las salidas de los filtros de la imagen de la izquierda de la fig. 3. Las de la parte inferior son las salidas de los filtros de la imagen de la derecha de la Fig. 3.



Fig. 5. Esta Imagen Es el resultado de filtrar 2 veces por un pasa bajo y ser diezmada. Esta página contiene la mayor parte de la información.

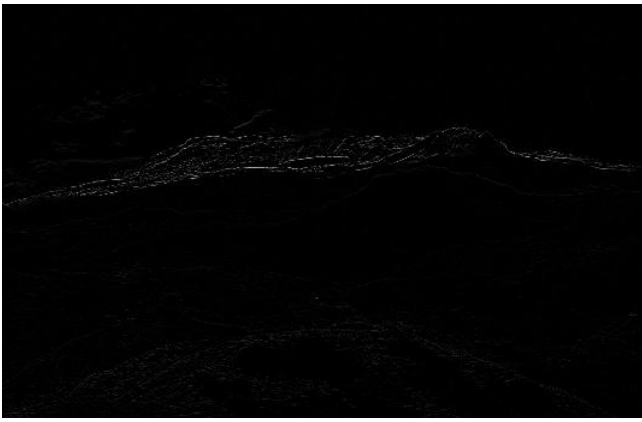


Fig. 6. Esta Imagen Es el resultado de filtrar primero por un pasa bajo, después por un pasa alto y ser diezmada. Esta imagen contiene los contornos horizontales.



Fig. 7. Esta Imagen Es el resultado de filtrar primero por un pasa alto, después por un pasa bajo y ser diezmada. Esta imagen contiene los contornos Verticales.

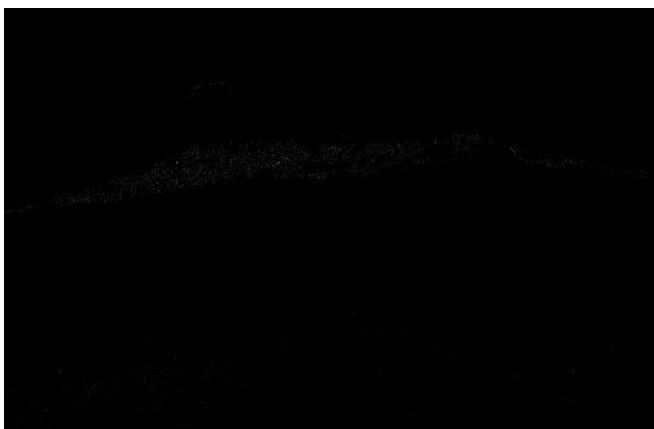


Fig. 8. Esta Imagen Es el resultado de filtrar dos veces por un pasa alto y ser diezmada. Esta imagen contiene los contornos Diagonales.

### C. Recuperando la imagen Original.

Para recuperar una imagen original usando los 4 coeficientes de wavelet, el proceso a seguir es el inverso al proceso que se describió anteriormente. Lo único con lo que se debe tener cuidado es con pasar las imágenes correctas por los filtros correctos.

Este proceso solo se describirá brevemente, pero no se mostrarán las imágenes que muestran el proceso paso a paso.

Lo primero que se debe hacer es deshacer el diezmado en cada una de las cuatro imágenes. En esta primer etapa se hace horizontalmente, por lo que fila de por medio se agregará una fila de ceros en la matriz de pixeles.

Después de deshacer el diezmado cada imagen se pasará por el último filtro que paso, cuando se estaba descomponiendo la imagen. Una vez filtradas, se suman 2 y 2, de forma que se recuperen las imágenes de la Fig. 3. Teniendo estas 2 imágenes se prosigue a deshacer el diezmado nuevamente, pero esta vez verticalmente, por lo que se agregará columna de por medio, una nueva columna de ceros. Una vez hecho esto, se filtran según como se filtró en el proceso de descomposición y después de filtradas se suman estas últimas dos imágenes, y como resultado se obtendrá la imagen original. La Fig. 9 muestra una comparación entre la imagen original y la imagen recuperada.

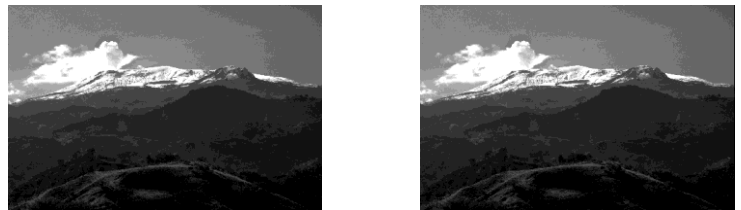


Fig. 9 Comparación entre la imagen original, y la recuperada después de aplicar DWT. A la izquierda está la imagen original, y a la derecha la imagen recuperada.

## IV. APLICANDO EL ALGORITMO DE HUFFMAN A LOS COEFICIENTES DE WAVELET.

Hasta ahora se ha visto como una imagen se puede descomponer en cuatro coeficientes, sin embargo, esta descomposición sin ninguna intervención más no es muy útil, pues una imagen de 1067\*695 pixeles se ha transformado en cuatro imágenes de 534\*348, lo que hace que sea casi igual en

cuanto al tamaño, si cada pixel se codifica con un código de bits de igual longitud. Sin embargo este capítulo final pretende demostrar como al descomponer una imagen con la transformada discreta de wavelet, obtenemos una mayor compresión al aplicar el algoritmo de Huffman.

Partiendo del mismo ejemplo y la misma imagen que se trató en el ejemplo anterior, se van a analizar los datos para demostrar concretamente el grado de compresión que se logra al combinar el algoritmo de Huffman con la transformada de wavelet.

Lo primero que se hará será observar los histogramas de cada una de las imágenes que intervienen en este análisis, es decir, la imagen original (Fig. 10), y los cuatro coeficientes (Fig. 11).

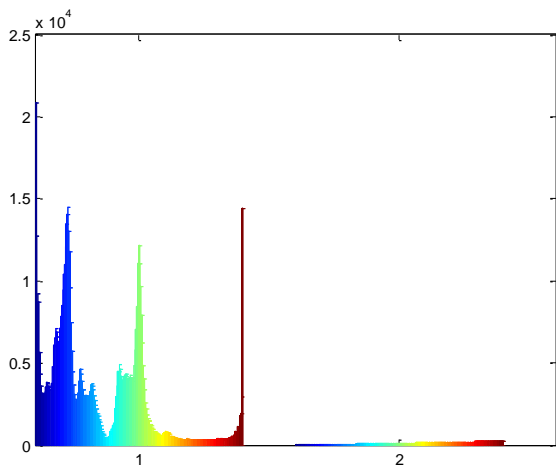


Fig. 10. Histograma de la Imagen Original.

Es sabido que el algoritmo de Huffman, es más eficiente en conjuntos de datos en los cuales su histograma es muy concentrado, es decir, donde los datos no están muy dispersos si no que hay unos pocos datos que tienen una alta probabilidad mientras que son pocos los que tienen probabilidades bajas.

Puede verse, en las figuras 10 y 11, que el histograma de la imagen original es un histograma muy disperso, por lo que al aplicar Huffman a esta imagen, sin hacerle nada más, la compresión que se consigue es poca. Pero si se observan los otros cuatro histogramas es notable que el primer histograma (el de la imagen que tiene la mayor parte de la energía) es casi igual al de la imagen original, sin embargo esta imagen es de 1 cuarto del tamaño de la imagen original. Y si se observan los otros tres histogramas se puede apreciar que están concentrados en un solo dato, por lo que estas imágenes darán un alto grado de compresión.

Para entender bien esto, y para finalizar este artículo, se analizarán los datos concretos del ejemplo que se ha estado analizando durante todo el artículo.

La imagen Original Tiene una resolución de 1067\*795 pixeles. Si cada pixel se codifica con 8 bits, el tamaño total de la imagen será de 5932520 bits.

Si a esta imagen se le aplica el algoritmo de Huffman, queda con un tamaño de 5358717 bits. Es decir el tamaño de la imagen comprimida es un 90.32 % del tamaño de la imagen sin comprimir.

Al aplicar la transformada de wavelet, y conseguir los cuatro coeficientes se obtienen los datos de la Tabla 1.

Tabla 1. Constituyentes usados en 1 m<sup>3</sup> de concreto.

Imagen	Porcentaje de compresión	Tamaño comprimido en bits.
Imagen con mayor parte de la energía	90.46	1344951
Contornos Horizontales.	34.79	517301
Contornos Verticales	31.20	463938
Contornos Diagonales.	20.98	312023

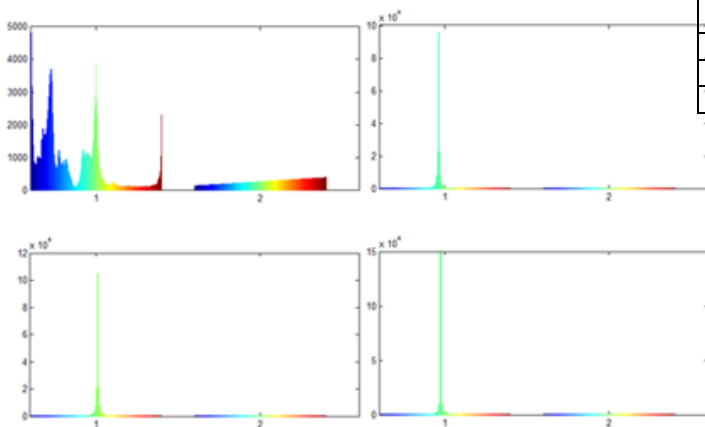


Fig. 11. Histogramas de los cuatro coeficientes de wavelet. De izquierda a derecha y de arriba abajo, corresponden a los histogramas de las figuras 5 6 7 y 8.

Según los datos de la Tabla 1. Al descomponer la imagen en los coeficientes de wavelet y aplicar el algoritmo de Huffman, obtenemos cuatro imágenes con un tamaño total de 2638213 bits, lo que representa un 49.23% del tamaño de la imagen original comprimida con Huffman (sin aplicar nada más), y un 44.47% del tamaño de la imagen sin comprimir.

Con estos datos se da por terminado el artículo. Se espera que haya sido claro, y que el lector haya comprendido la utilidad de combinar el uso de la Transformada discreta de wavelet con el algoritmo de Huffman.

## V. CONCLUSIONES

Según el análisis hecho durante el artículo, combinar el uso de la DWT, con el algoritmo de Huffman en imágenes permite aumentar el grado de compresión en casi un 50 %, es decir que con el uso de esta técnica se puede ahorrar entre un 50 y 60% del ancho de banda a la hora de transmitir imágenes de un punto a otro en una red. Esta técnica también se puede aplicar para almacenar imágenes y ahorrar espacio en discos duros o extraíbles.

## REFERENCIAS

- [1] Universidad de Oviedo, España. Análisis de señales mediante wavelets. [En internet. Online].  
Disponible en:  
<http://coco.ccu.uniovi.es/immed/compresion/descripcion/spiht/wavelets/wavelets.htm>.
- [2] Universidad de Oviedo, España. La transformada de Wavelet Discreta. [En internet. Online].  
Disponible en:  
<http://coco.ccu.uniovi.es/immed/compresion/descripcion/spiht/discreta/discreta.htm>.