
COMPRESIÓN DE IMÁGENES BASADA EN DCT: ESTUDIO EXPERIMENTAL

Universidad de Murcia
4º Grado en Ingeniería Informática
Asignatura: Compresión Multimedia
Curso 2019/2020

Proyecto realizado por Nicolás Enrique Linares La Barba.

Índice

1. Introducción.....	3
2. Métodos.....	4
2.1. Método de compresión y descompresión por defecto.....	4
2.2. Método de compresión y descompresión a medida.....	4
2.3. Decisiones de la experimentación.....	5
2.4. Software desarrollado para las pruebas.....	6
3. Resultados experimentales.....	7
4. Conclusiones.....	25
5. Bibliografía.....	26
6. Imágenes utilizadas.....	27
7. Diagramas de flujo.....	30

1. Introducción

La práctica consiste en aplicar los conceptos y técnicas que se han ido viendo a lo largo de la asignatura sobre la compresión y descompresión de datos basadas en transformadas.

La compresión consiste en eliminar los datos redundantes e irrelevantes de un archivo (ya sea de texto, audio, imagen...) con el objetivo de reducir el espacio que ocupa para poder ser almacenado o transmitido de forma más eficiente. La descompresión, por su lado, es el proceso contrario que consiste en reconstruir la versión original del archivo a partir del archivo comprimido. Si la reconstrucción tiene menos datos que la original, significa que se han perdido datos, de lo contrario estaríamos hablando de un proceso de compresión y descompresión sin pérdida.

Nos centraremos en el análisis de imágenes en formato BMP (sin pérdidas), y a las que aplicaremos dos métodos de los pares compresión y descompresión Huffman para comparar los resultados, uno que por defecto crea tablas de compresión iguales para todas las imágenes y otro que las crea a medida. Además, se experimentará con distintos factores de calidad, que definen el grado de compresión de la imagen, es decir, si al descomprimirla se ha perdido información y su calidad ha disminuido o, por el contrario, ha mantenido la mayoría de los datos de la imagen original por lo que mantiene su calidad.

Se va a comenzar por escoger 6 imágenes, donde se recomienda un tamaño que no supere los 640x480 píxeles debido a la ineficiencia de la aplicación. Y a continuación, se realizará el estudio experimental para cada imagen.

En concreto, se van a utilizar dos variables para medir la calidad de una imagen tras todo el proceso comentado: la relación de compresión (RC) y el error cuadrático medio (MSE). Se emplearán tablas y gráficas para observar de forma detallada los resultados obtenidos.

2. Métodos

2.1. Método de compresión y descompresión por defecto.

La compresión mediante la codificación Huffman por defecto se ha implementado en el fichero **jcom_dflt.m**. Esta función toma como parámetros de entrada el nombre de la imagen BMP (fname), incluida la extensión, que se desea comprimir y el factor de calidad (caliQ), que especificará el nivel de compresión del archivo expresado en un entero positivo menor o igual que uno. Una vez realizado el proceso de compresión, el archivo comprimido se guarda con extensión “.hud” y retornará la relación de compresión (RC) que mide cuánto se ha comprimido el archivo original.

La descompresión, se ha implementado en el fichero **jdes_dflt.m**, que toma como parámetro de entrada el nombre del archivo (fname) que se va a descomprimir y cuya extensión debe ser “.hud” y generará el archivo descomprimido con terminación “_des_def.bmp”. Una vez descomprimido el archivo, la función retorna la relación de compresión (RC), al igual que en la compresión, y además se calcula el error cuadrático medio (MSE), que es una medida de la calidad de la reconstrucción.

Ambos procesos se encuentran comentados y explicados en detalle en sus respectivos ficheros, por lo que no se comentarán en estos apartados.

2.2. Método de compresión y descompresión a medida.

Por otro lado, tendremos la compresión y descompresión que emplean tablas a medida construidas en base a las frecuencias de los datos de la imagen original. Esto permite, en teoría, que la compresión sea más eficiente y óptima, lo que comprobaremos más adelante con el estudio experimental. Estas funciones se encuentran implementadas en los ficheros **jcom_custom.m** y **jdes_custom.m**, respectivamente. En la compresión se generará un archivo con extensión “.huc” y en la descompresión se creará un archivo con terminación “_des_cus.bmp”, para diferenciarlos de los otros.

Para realizar estas dos funciones, se requiere modificar la función de codificación **EncodeScans_dflt**, que codifica en binario los tres scan usando Huffman por defecto, y la de decodificación **DecodeScans_dflt**, que realiza el proceso contrario también usando Huffman por defecto. En concreto, usan las funciones **HufCodTables_dflt** y **HufDecodTables_dflt** para generar las tablas de codificación y decodificación.

Para que se puedan usar las tablas a medida, se han modificado estas dos funciones, creando los ficheros **HufCodTables_custom.m** y **HufDecodTables_custom.m**. Las cuales se emplearán en los nuevos ficheros **EncodeScans_custom.m** y **DecodeScans_custom.m**, respectivamente.

En los ficheros comentados en el párrafo anterior se encuentran los procedimientos explicados en detalle, por lo que no se comentarán en estos apartados.

Se ha añadido una variable “mostrar_imagenes” en los dos métodos de descompresión, que permite decidir si se van a visualizar las imágenes tras la descompresión, se ha inicializado a 0 para que no se visualicen, debido a que si se ejecuta la batería de pruebas sería molesto tener tanta cantidad de ventanas abiertas.

2.3. Decisiones de la experimentación.

Para facilitar la organización de los archivos comprimidos y descomprimidos, se va a añadir en el nombre la calidad de la compresión. Por ejemplo, si vamos a analizar una imagen de nombre “img01.bmp” para un factor de calidad 100, el archivo comprimido resultante sería “img01_100.hud” o “img01_100.huc”, variando únicamente su extensión según el compresor utilizado. En el caso del archivo descomprimido sería “img01_100_des_def.bmp” o “img01_100_des_cus.bmp”, según el tipo de descompresor usado.

En cuanto a las imágenes escogidas para el análisis, **se ha planteado de forma que todas las imágenes sean, relativamente, muy distintas entre sí** para analizar el comportamiento de los compresores y descompresores en diferentes situaciones.



Figura 1. Conjunto de imágenes seleccionadas para el análisis.

Se ha buscado una imagen “img01.bmp” que contiene muchos tonos y colores distintos, distribuidos de forma que se van degradando. La imagen “img02.bmp”, que mantiene colores similares y planos en algunas zonas, al igual que “img03.bmp”, el cual además de tener más contraste, también guarda mucho detalle. La imagen “img04.bmp” con letras de distintos tamaños para que se pueda apreciar en qué calidad de compresión se ven mejor las letras más pequeñas. La imagen “img05.bmp”, sería una imagen más común y donde se pueden apreciar muchos detalles y cambios de color bruscos. Por último, la imagen “img06.bmp” permitirá también observar los detalles y ajustar la calidad de la compresión en base a ello. En la Figura 1 se presentan las imágenes que se van a emplear para la experimentación.

Todas las imágenes van a tener el mismo tamaño de 640x480 píxeles, ya que con imágenes de dimensiones más grandes el rendimiento de la compresión empeora notablemente. El tiempo de compresión y descompresión es directamente proporcional al tamaño de las imágenes por lo que no se tendrá en cuenta este factor.

También aclarar que la mayoría de imágenes son propias, salvo la imagen “img01.bmp” y “img03.bmp” que se han buscado por internet.

Los valores del **factor de calidad** elegidos para el estudio son: 1, 25, 75, 100, 250, 500. Cuanto menor sea este valor, mayor calidad de imagen tendrá el resultado final de la descompresión y cuanto mayor sea, peor calidad tendrá. Por este motivo se han escogido los cuatro primeros valores que se centran en una mayor calidad y luego otros dos que se alejan más de lo deseado, ya que el objetivo es encontrar una buena relación de compresión sin sacrificar la calidad del resultado final.

2.4. Software desarrollado para las pruebas.

Para facilitar la realización de las baterías de pruebas y obtención de gráficas, se ha implementado un código [1], en el fichero pruebas.m, que para cada una de las imágenes y para cada factor de calidad realizará el proceso de compresión y descompresión, tanto para Huffman por defecto como para Huffman a medida.

El código se explica por sí mismo, aún así se han añadido ciertas líneas comentadas que sirven de aclaración. A continuación, se presenta el código de pruebas desarrollado (sin comentarios).

```
imagenes = ["img01" "img02" "img03" "img04" "img05" "img06"];
calidades = [1 25 75 100 250 500];

for img = imagenes

    lista_RC_dflt = [];
    lista_MSE_dflt = [];
    lista_RC_custom = [];
    lista_MSE_custom = [];

    nombre_orig = sprintf('%s.bmp',img);

    for caliQ = calidades
        nombre_sinExt = sprintf('%s_%d',img, caliQ);

        % HUFFMAN POR DEFECTO
        RC_dflt = jcom_dflt(nombre_orig, caliQ);
        comprimida_dflt = sprintf('%s.hud',nombre_sinExt);
        [MSE_dflt, RC_dflt] = jdes_dflt(comprimida_dflt);
        lista_RC_dflt(end+1) = RC_dflt;
        lista_MSE_dflt(end+1) = MSE_dflt;

        % HUFFMAN A MEDIDA
        RC_custom = jcom_custom(nombre_orig, caliQ);
        comprimida_custom = sprintf('%s.huc',nombre_sinExt);
        [MSE_custom, RC_custom] = jdes_custom(comprimida_custom);
        lista_RC_custom(end+1) = RC_custom;
        lista_MSE_custom(end+1) = MSE_custom;
    end

    figure;
    semilogy(lista_RC_dflt, lista_MSE_dflt, '-.p', lista_RC_custom,
        lista_MSE_custom, '-.d');
    grid on;
    title(sprintf('%s "%s"\n Factores de calidad: [1, 25, 75, 100,
        250, 500]', 'MSE vs RC para la imagen', nombre_orig));
    xlabel('RC (%)');
    ylabel('MSE');
    legend('Default', 'Custom', 'Location','northwest');
end

disp('#####');
disp('Fin del programa pruebas.m');
disp('#####');
```

3. Resultados experimentales

Las imágenes se han dispuesto de forma que se puedan apreciar las diferencias de forma más sencilla, por lo que la primera columna de imágenes corresponde a la foto original, la segunda es el resultado de aplicar Huffman por defecto y la tercera Huffman a medida. Se indica además en el lado izquierdo el factor de calidad (FC) aplicado a esa fila de imágenes, en cada método de compresión.

➤ Imagen “img01.bmp”

A continuación, en la Figura 2 y 3, se observan las imágenes resultado de aplicar los dos métodos Huffman, para los factores de calidad (1, 25, 75, 100, 250, 500).

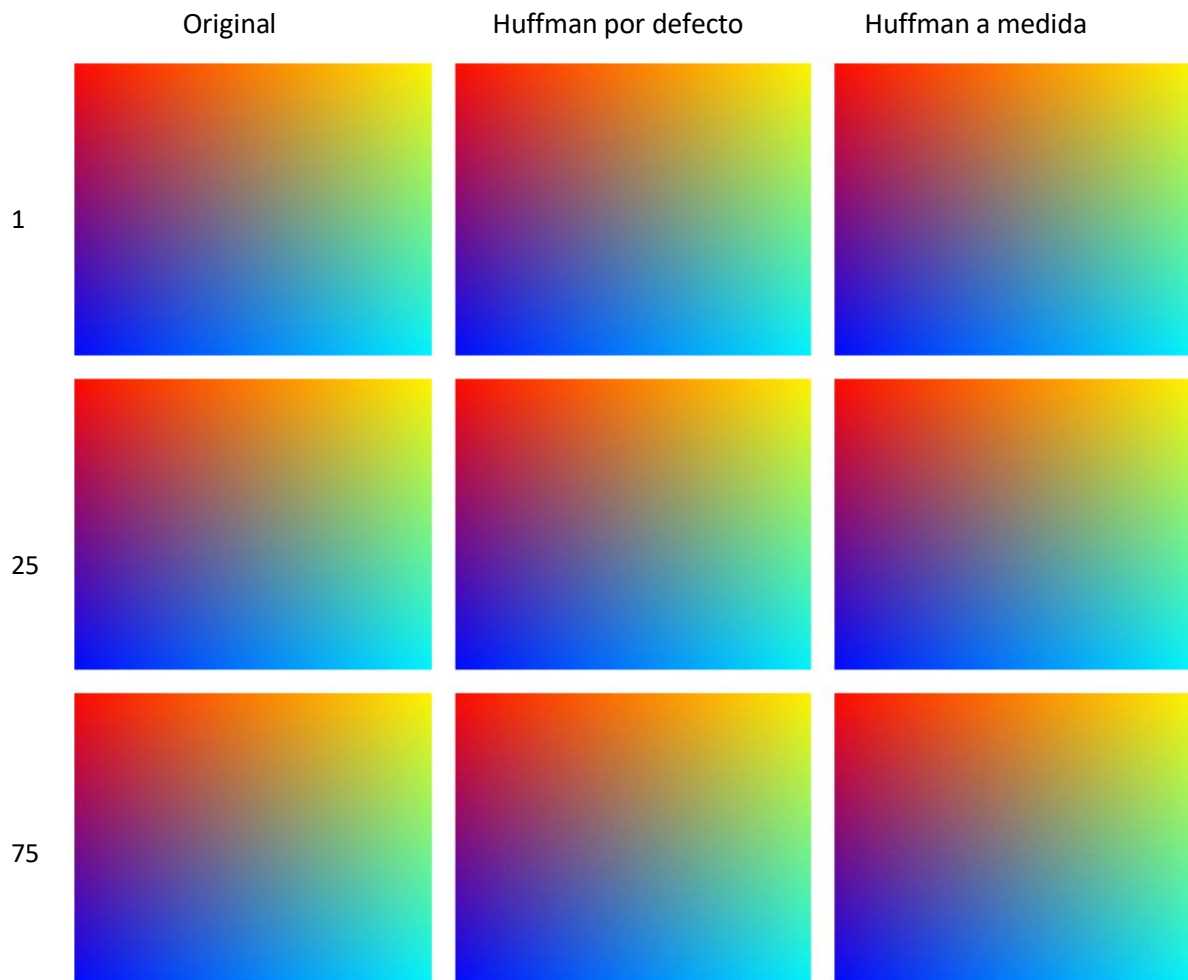


Figura 2. Comparación de resultados de “img01.bmp”.

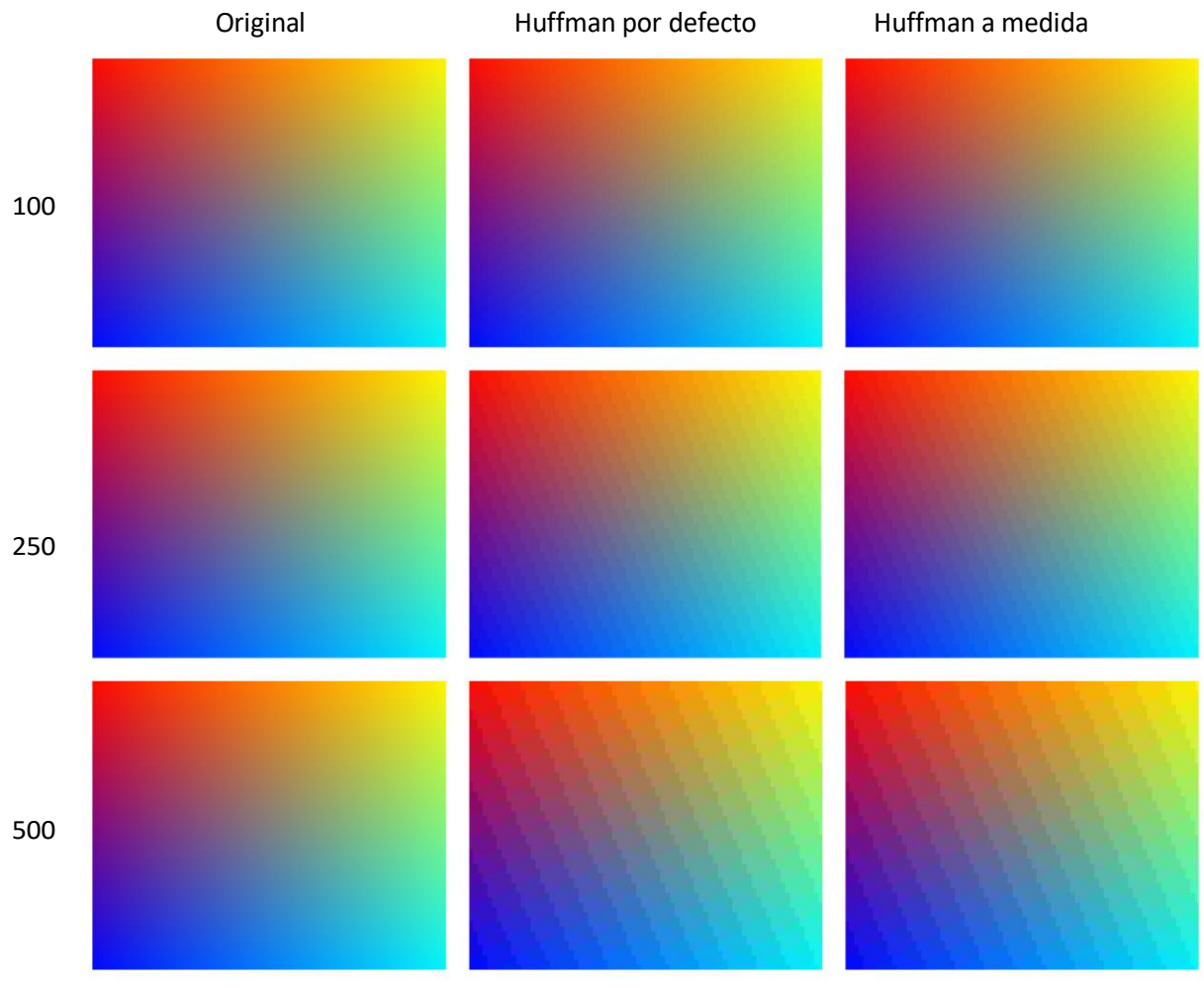


Figura 3. Comparación de resultados de "img01.bmp".

Y en la siguiente tabla (Figura 4) podemos ver los valores de la relación de compresión (RC) y del error cuadrático medio, así como la duración en segundos de la compresión y la descompresión en cada método Huffman.

FC	Huffman por defecto				Huffman a medida			
	RC (%)	MSE (%)	T. Comp. (seg)	T. Desc. (seg)	RC (%)	MSE (%)	T. Comp. (seg)	T. Desc. (seg)
1	86.59	0.48	5.47	8.67	88.92	0.48	4.66	7.22
25	97.62	0.50	3.09	3.22	98.31	0.50	2.91	2.91
75	98.84	2.14	2.48	2.66	99.37	2.14	2.36	2.38
100	98.89	2.68	2.38	2.61	99.39	2.68	2.38	2.39
250	99.00	10.00	2.38	2.50	99.49	10.00	2.41	2.38
500	99.04	35.03	2.38	2.59	99.54	35.03	2.33	2.23

Figura 4. Tabla de resultados de "img01.bmp".

En la gráfica de la Figura 5, donde podremos apreciar la curva correspondiente a la compresión con Huffman por defecto junto con la curva asociada a la compresión con Huffman a medida. En el eje X se representa la relación de compresión (RC) y en el eje Y se representa el logaritmo del error cuadrático medio (MSE).

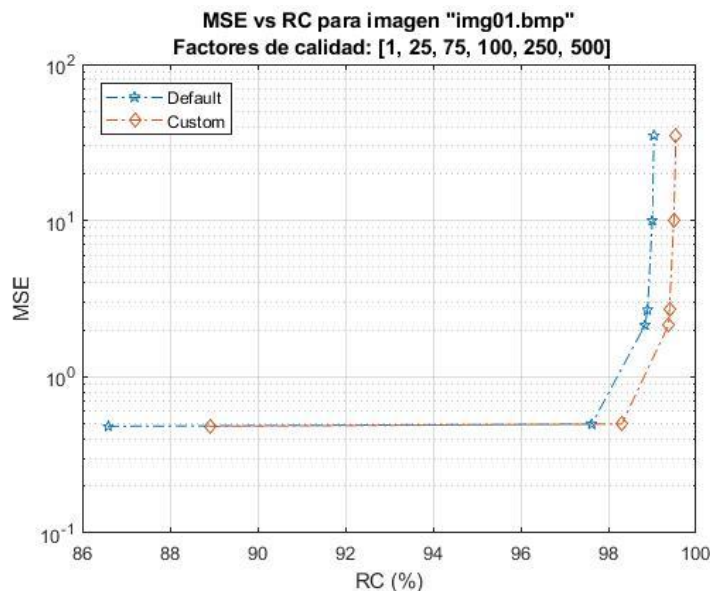


Figura 5. Gráfica MSE vs RC de "img01.bmp".

Visualmente y para este tipo de imágenes donde predomina un degradado de color, se puede apreciar la pérdida de calidad a partir de un factor de calidad de 100, ya que los colores se empiezan a agrupar en bloques de color, bien apreciables en las imágenes de factor de calidad 500, perdiendo calidad en el degradado y dejando de lado la continuidad original.

A través de la tabla, observamos que al aumentar el factor de calidad la relación de compresión y el error cuadrático medio aumentan, es decir, cuanto mayor es el valor de ese factor más comprime y, por lo tanto, menos calidad tiene la imagen resultante. Por ello también, el tamaño que ocupa la imagen comprimida para el factor de 1 es mucho mayor que para el factor 500, y como consecuencia la calidad de la imagen disminuye.

Comparando los dos métodos, vemos que Huffman a medida proporciona mejor relación de compresión para todos los factores de calidad. El MSE sale igual en ambos compresores debido a la cuantización de frecuencias, también ocurrirá para el resto de imágenes. Se observa también con las columnas de tiempo, que con un factor de calidad más pequeño el tiempo aumenta considerablemente porque el algoritmo debe mantener más los datos de la imagen original y por ello su carga computacional es mayor.

En la gráfica se puede apreciar que el método a medida es mejor que el por defecto, pero en general no hay una diferencia tan destacable por eso las curvas se encuentran bastante próximas.

➤ Imagen “img02.bmp”

A continuación, en la Figura 6 y 7, se observan las imágenes resultado de aplicar los dos métodos Huffman, para los factores de calidad (1, 25, 75, 100, 250, 500).

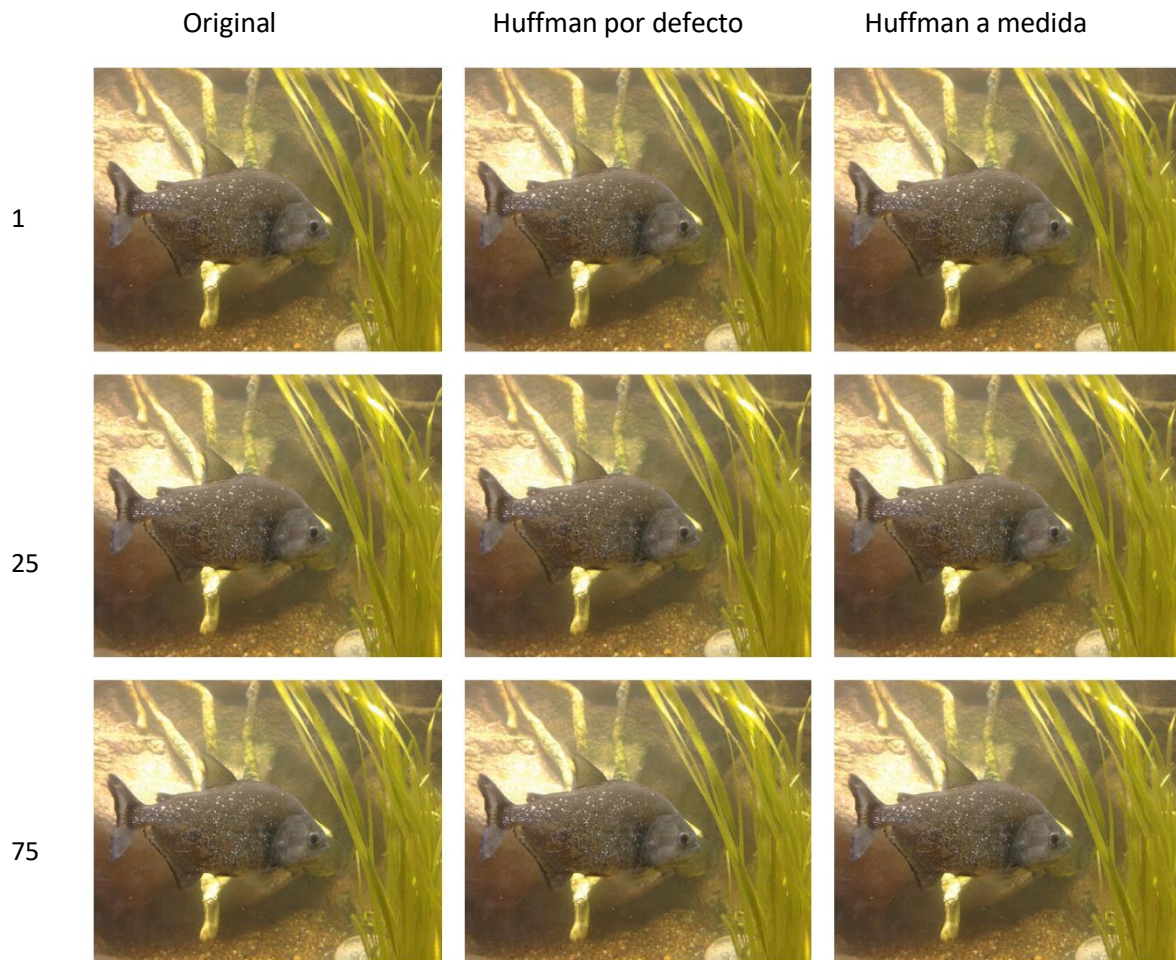


Figura 6. Comparación de resultados de “img02.bmp”.

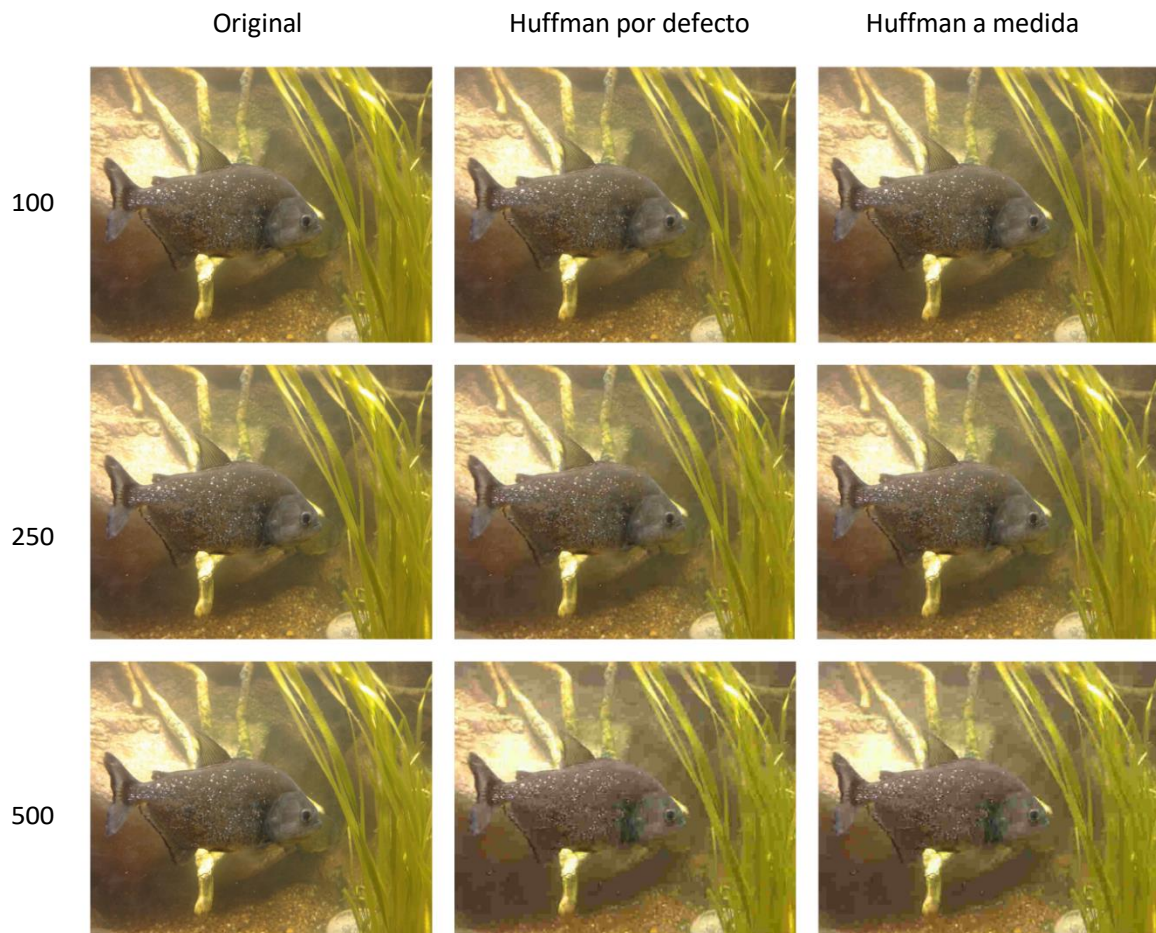


Figura 7. Comparación de resultados de “img02.bmp”.

Y en la tabla de la Figura 8, podemos ver los valores de la relación de compresión (RC) y del error cuadrático medio, así como la duración en segundos de la compresión y la descompresión en cada método Huffman.

FC	Huffman por defecto				Huffman a medida			
	RC (%)	MSE (%)	T. Comp. (seg)	T. Desc. (seg)	RC (%)	MSE (%)	T. Comp. (seg)	T. Desc. (seg)
1	51.28	0.72	18.80	23.44	54.27	0.72	19.08	23.70
25	90.64	14.62	4.97	6.61	90.75	14.62	4.64	6.08
75	95.47	29.77	3.20	4.19	95.63	29.77	3.25	3.98
100	96.23	35.39	3.14	3.80	96.45	35.39	3.17	3.72
250	97.93	67.52	2.72	3.05	98.30	67.52	2.73	2.86
500	98.58	119.90	2.77	2.80	99.02	119.90	2.64	2.89

Figura 8. Tabla de resultados de “img02.bmp”.

En la gráfica de la Figura 9, donde podremos apreciar la curva correspondiente a la compresión con Huffman por defecto junto con la curva asociada a la compresión con

Huffman a medida. En el eje X se representa la relación de compresión (RC) y en el eje Y se representa el logaritmo del error cuadrático medio (MSE).

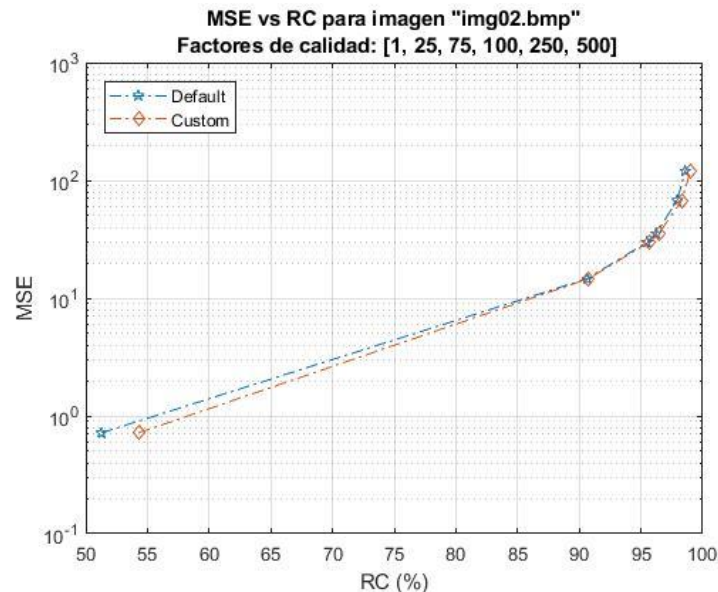


Figura 9. Gráfica MSE vs RC de "img02.bmp".

Esta segunda imagen se compone de algunas zonas con colores planos, es decir, con bloques de píxeles de tonos muy parecidos, y se aprecia como estas zonas son las que más se ven afectadas tras la compresión. Podemos observar esto en la imagen comprimida con factor de calidad 500.

Mediante los resultados de la tabla, ya se puede apreciar un elevado aumento del error cuadrático medio (MSE) al incrementar el factor de calidad, más notable que en la imagen anterior, lo que también aumenta la relación de compresión (RC). Todo esto es debido a cambios más repentinos de color, como vemos en la parte de arriba a la derecha y en la zona central de la imagen.

Comparando los dos métodos, vemos que Huffman a medida proporciona mejor relación de compresión para todos los factores de calidad, pero la diferencia no es tan grande. Al igual que los tiempos de compresión y descompresión también son similares en ambos casos, pues el tiempo para un factor de calidad 1 les resulta muy costoso a los algoritmos y donde baja considerablemente con factor de calidad 25 y, aún así, se aprecia muy buena calidad en la imagen.

En la gráfica se puede apreciar mejor el parecido comportamiento de ambos métodos. También se puede ver el salto de calidad que hay con un factor de calidad 1 y 25, a medida es mejor que el por defecto, pero en general no hay una diferencia tan destacable por eso las curvas se encuentran bastante próximas.

Como conclusión en esta imagen, sería correcta una compresión con factor de calidad 75 pues mantiene buenos valores de RC y MSE en comparación con los factores superiores.

➤ Imagen “img03.bmp”

A continuación, en la Figura 10 y 11, se observan las imágenes resultado de aplicar los dos métodos Huffman, para los factores de calidad (1, 25, 75, 100, 250, 500).

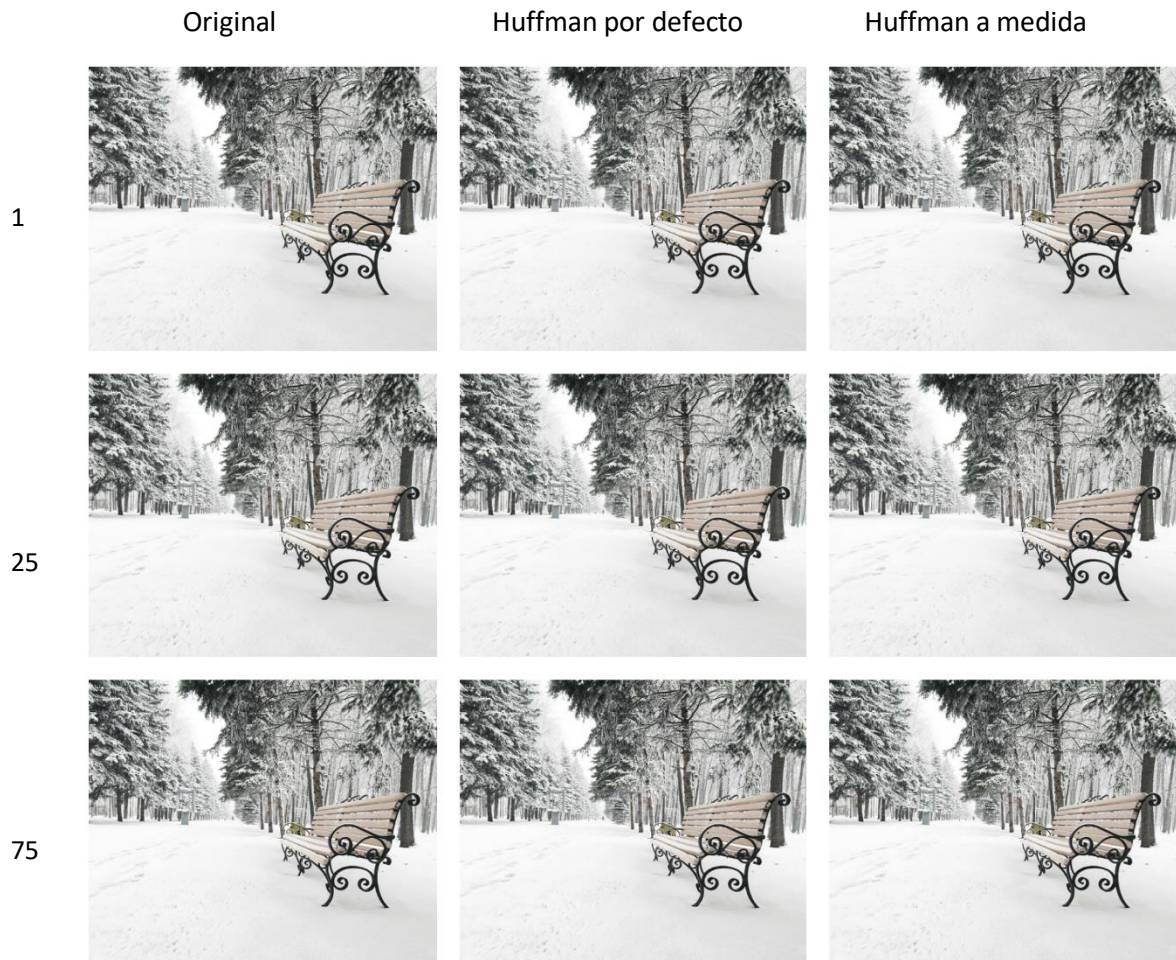


Figura 10. Comparación de resultados de “img03.bmp”.

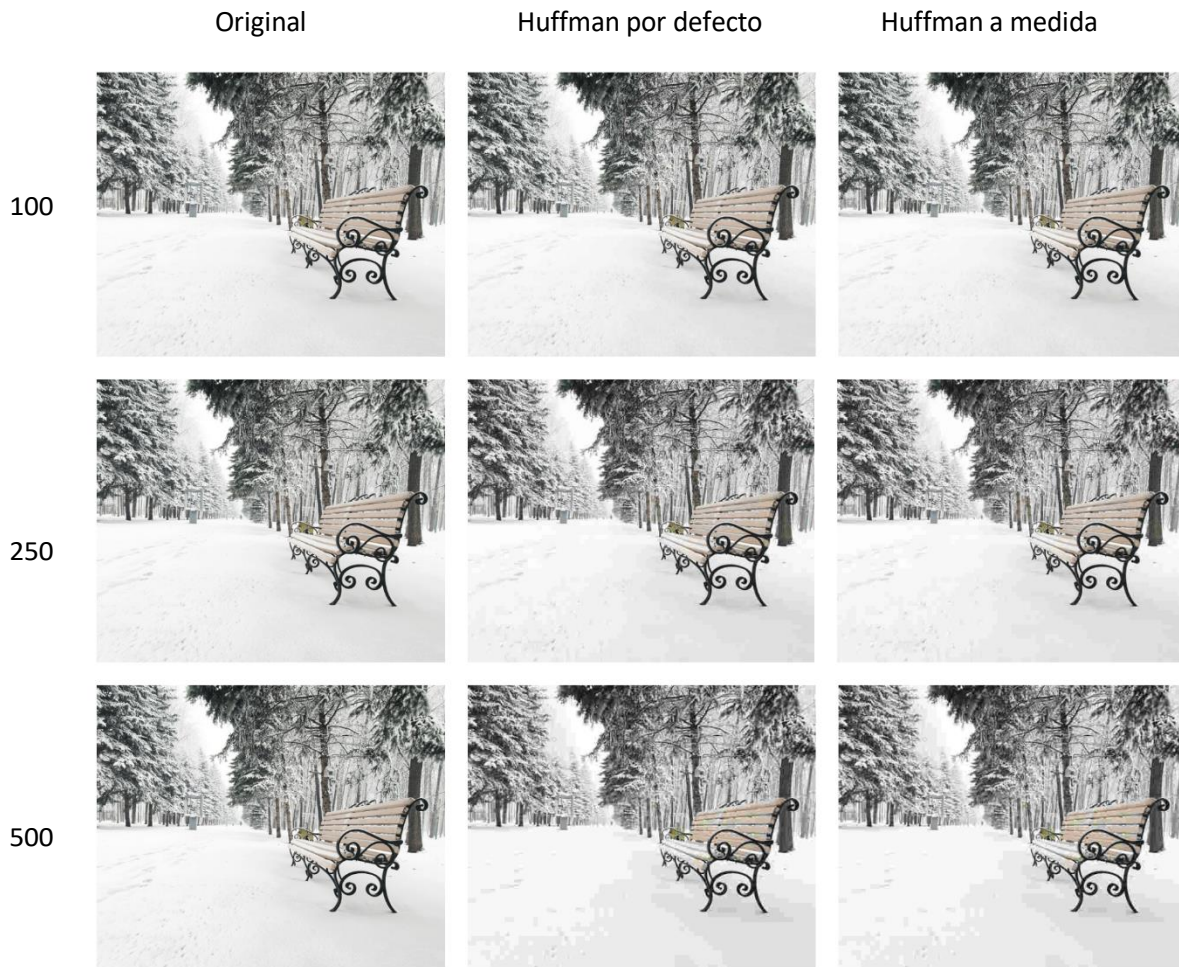


Figura 11. Comparación de resultados de “img03.bmp”.

Y en la tabla de la Figura 12, podemos ver los valores de la relación de compresión (RC) y del error cuadrático medio, así como la duración en segundos de la compresión y la descompresión en cada método Huffman.

FC	Huffman por defecto				Huffman a medida			
	RC (%)	MSE (%)	T. Comp. (seg)	T. Desc. (seg)	RC (%)	MSE (%)	T. Comp. (seg)	T. Desc. (seg)
1	59.98	0.56	15.83	18.84	63.33	0.56	15.05	18.14
25	89.00	18.90	6.94	6.78	89.23	18.90	6.55	6.88
75	93.96	85.43	4.36	4.77	94.20	85.43	4.13	4.58
100	94.87	114.50	3.33	4.36	95.13	114.50	3.39	4.19
250	96.97	228.37	2.89	3.53	97.32	228.37	2.84	3.30
500	97.88	340.04	2.64	3.16	98.31	340.04	2.69	2.81

Figura 12. Tabla de resultados de “img03.bmp”.

En la gráfica de la Figura 13, donde podremos apreciar la curva correspondiente a la compresión con Huffman por defecto junto con la curva asociada a la compresión con Huffman a medida. En el eje X se representa la relación de compresión (RC) y en el eje Y se representa el logaritmo del error cuadrático medio (MSE).

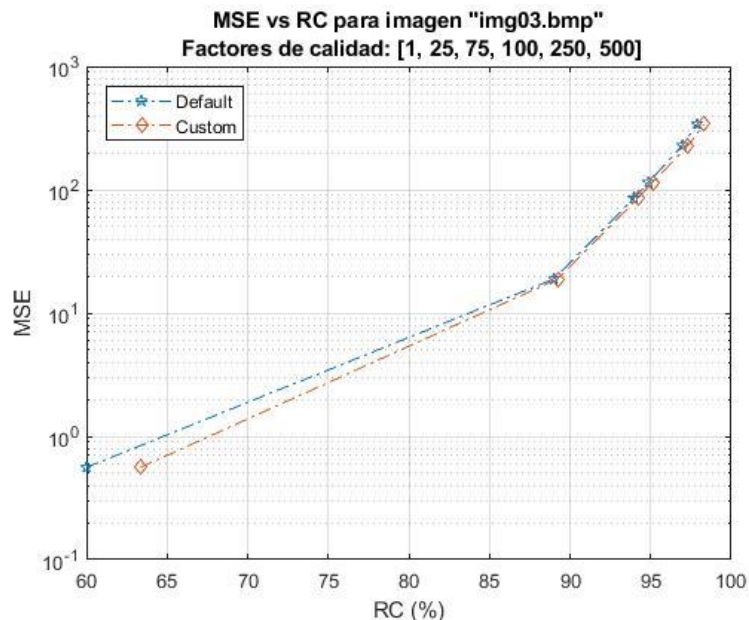


Figura 13. Gráfica MSE vs RC de "img03.bmp".

Esta segunda imagen también tiene zonas de color muy planas sobre la zona de la nieve, lo que provocará que estas zonas sean las que más sufran la compresión. Podemos observar esto en la imagen comprimida con factor de calidad 500.

El error cuadrático medio (MSE) se incrementa bastante a partir de una relación de compresión (RC) por encima del 95%, provocando una pérdida de calidad importante en el resultado final.

Se puede observar también a través de la gráfica que los valores de ambas curvas se aproximan más cuando incrementa el factor de calidad aplicado. Pero en general, aunque el método a medida es mejor, la diferencia entre ambos es muy escasa.

Los tiempos de compresión y descompresión también se mantienen bastante igualados, pero mejora en el método a medida cuando el factor de calidad se encuentra entre 1 y 25. Para el resto de casos, empeora.

Como conclusión en esta imagen, hasta un factor de calidad de 100 para ambos métodos, se logran unos buenos valores de RC y MSE en comparación con los factores superiores, lo que mantiene una calidad más que decente, aunque se haya comprimido casi un 95%.

➤ Imagen “img04.bmp”

A continuación, en la Figura 14 y 15, se observan las imágenes resultado de aplicar los dos métodos Huffman, para los factores de calidad (1, 25, 75, 100, 250, 500).

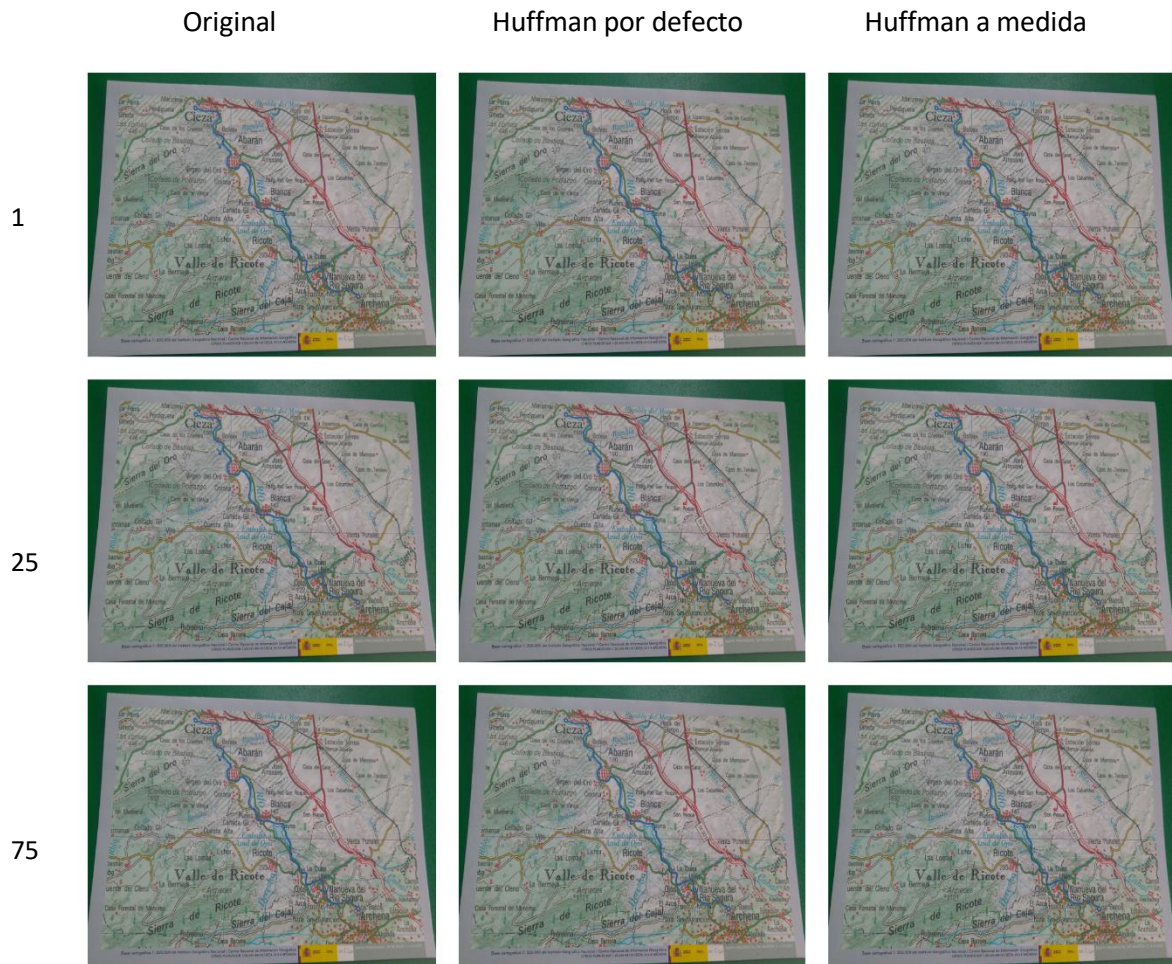


Figura 14. Comparación de resultados de “img04.bmp”.

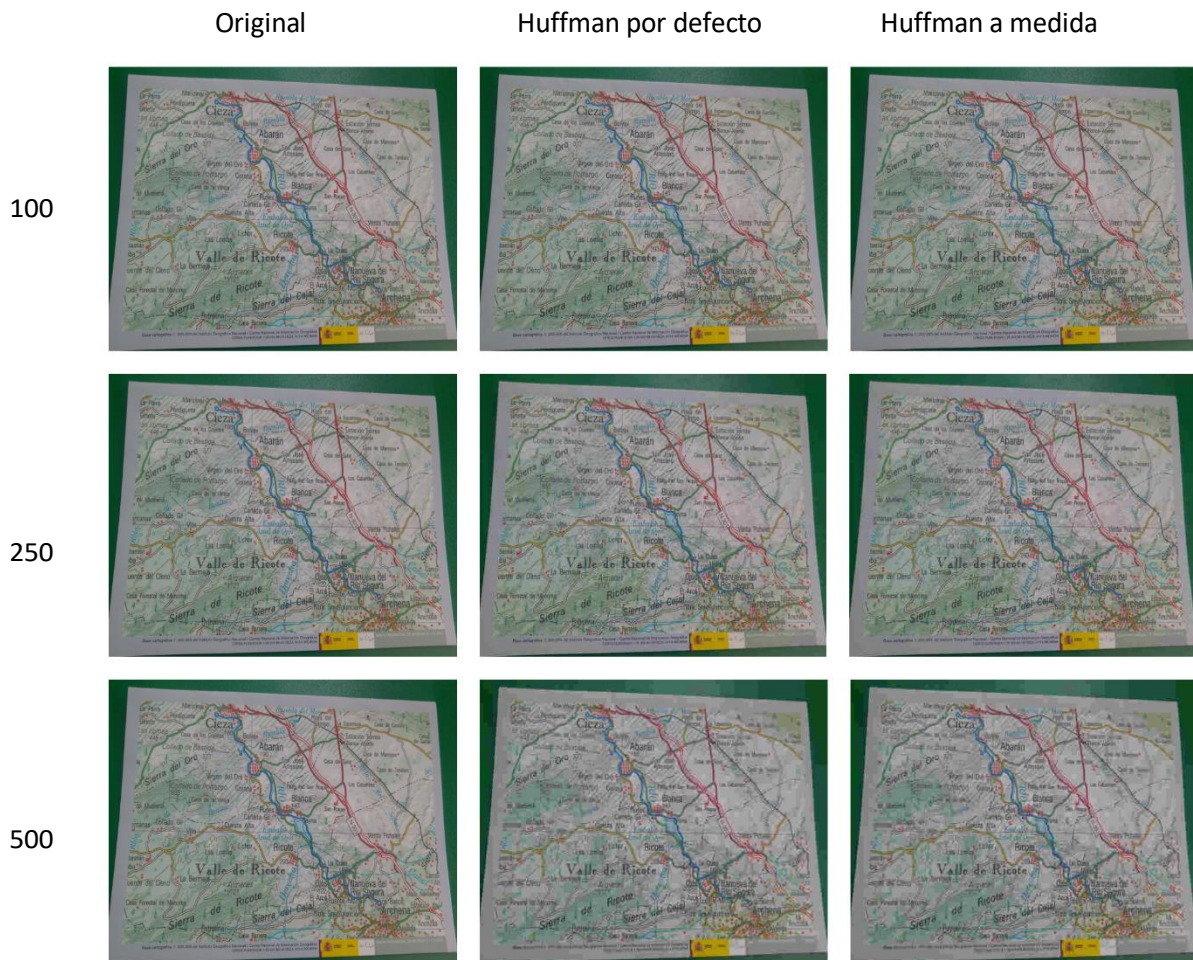


Figura 15. Comparación de resultados de “img04.bmp”.

En la tabla de la Figura 16, podemos ver los valores de la relación de compresión (RC) y del error cuadrático medio, así como la duración en segundos de la compresión y la descompresión en cada método Huffman.

FC	Huffman por defecto				Huffman a medida			
	RC (%)	MSE (%)	T. Comp. (seg)	T. Desc. (seg)	RC (%)	MSE (%)	T. Comp. (seg)	T. Desc. (seg)
1	41.36	0.72	19.92	26.25	46.20	0.72	20.53	24.03
25	87.06	34.22	5.70	7.80	87.16	34.22	5.86	7.70
75	93.76	98.68	3.61	4.97	93.97	98.68	3.67	4.86
100	94.87	121.50	3.36	4.52	95.14	121.50	3.41	4.33
250	97.30	210.67	2.84	3.33	97.73	210.67	2.88	3.11
500	98.32	303.06	2.67	2.92	98.80	303.06	2.61	2.61

Figura 16. Tabla de resultados de “img04.bmp”.

En la gráfica de la Figura 17, donde podremos apreciar la curva correspondiente a la compresión con Huffman por defecto junto con la curva asociada a la compresión con Huffman a medida. En el eje X se representa la relación de compresión (RC) y en el eje Y se representa el logaritmo del error cuadrático medio (MSE).

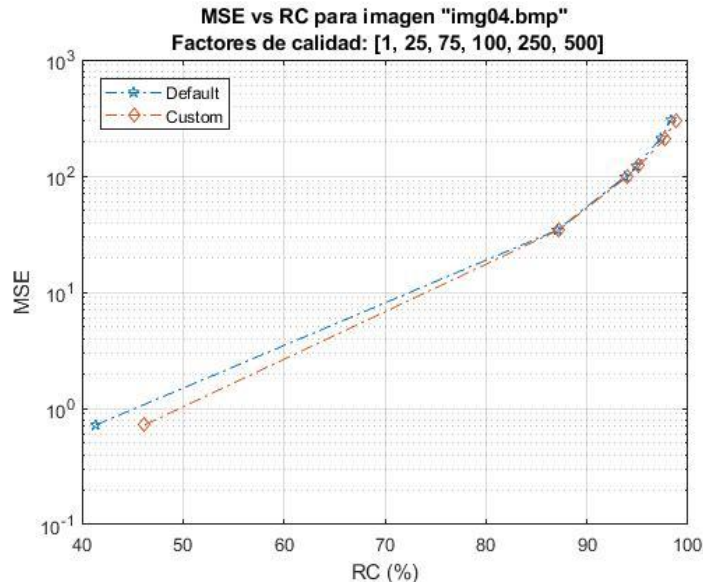


Figura 17. Gráfica MSE vs RC de “img04.bmp”.

En esta imagen podremos hacer más hincapié en mantener un buen nivel de detalle para poder leer las palabras más pequeñas.

Debido a la complejidad de la imagen, con un factor de calidad de 1 los algoritmos a penas son capaces de comprimir la imagen original hasta un 41.36% para el método por defecto y un 46.20% para el método a medida, y el tiempo de realizar esta compresión es de unos 20 segundos para ambos casos, ya que el costo computacional para buscar los datos que se puedan comprimir sin perder calidad es mayor.

Al igual que en la imagen anterior, el error cuadrático medio (MSE) se mantiene bastante elevado a partir de un 95% de relación de compresión (RC), incrementándose de forma considerable después de este valor. Debido a los cambios de color tan bruscos en los píxeles por toda la imagen, el proceso de cuantización provoca una gran disminución de la calidad.

Se puede apreciar en las fotos con factor de calidad 500 que a penas se pueden leer las palabras más grandes del mapa, sin mencionar las más pequeñas. Por lo que, la mejor relación entre todos los valores de la tabla se podría conseguir con un factor de calidad menor a 75, donde la pérdida de calidad no es tan notable y todavía se pueden apreciar los detalles importantes del mapa.

➤ Imagen “img05.bmp”

A continuación, en la Figura 18 y 19, se observan las imágenes resultado de aplicar los dos métodos Huffman, para los factores de calidad (1, 25, 75, 100, 250, 500).



Figura 18. Comparación de resultados de “img05.bmp”.



Figura 19. Comparación de resultados de “img05.bmp”.

Y en la tabla de la Figura 20, podemos ver los valores de la relación de compresión (RC) y del error cuadrático medio, así como la duración en segundos de la compresión y la descompresión en cada método Huffman.

FC	Huffman por defecto				Huffman a medida			
	RC (%)	MSE (%)	T. Comp. (seg)	T. Desc. (seg)	RC (%)	MSE (%)	T. Comp. (seg)	T. Desc. (seg)
1	56.96	0.56	13.39	19.75	60.33	0.56	13.61	17.95
25	88.18	20.73	5.39	7.19	88.26	20.73	5.50	7.05
75	93.59	79.61	3.73	4.94	93.75	79.61	3.78	4.78
100	94.57	105.68	3.41	4.52	94.76	105.68	3.44	4.47
250	96.89	224.41	3.14	3.72	97.21	224.41	3.09	3.58
500	97.91	350.22	3.00	3.56	98.33	350.22	2.72	3.03

Figura 20. Tabla de resultados de “img05.bmp”.

En la siguiente gráfica de la Figura 21, donde podremos apreciar la curva correspondiente a la compresión con Huffman por defecto junto con la curva asociada a la compresión con Huffman a medida. En el eje X se representa la relación de compresión (RC) y en el eje Y se representa el logaritmo del error cuadrático medio (MSE).

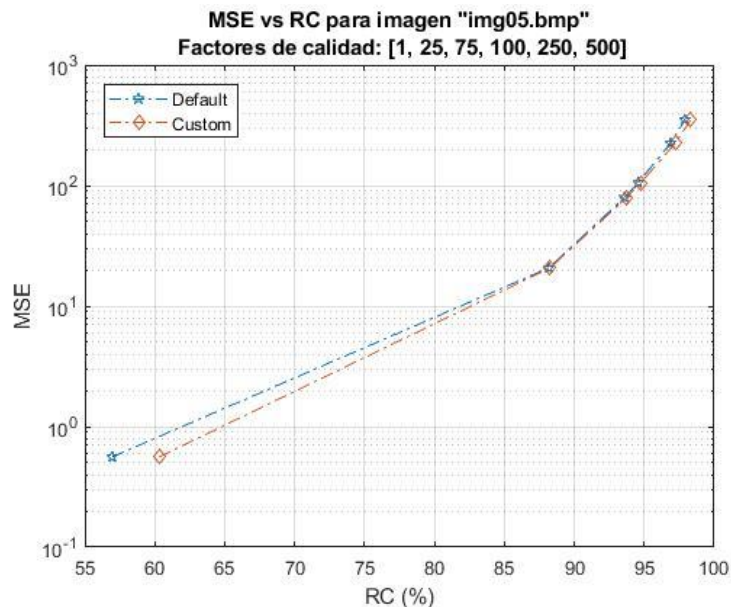


Figura 21. Gráfica MSE vs RC de “img05.bmp”.

La imagen contiene muchos cambios bruscos de color como en la fachada de los edificios, y contiene también una zona homogénea como es el cielo.

Mediante la tabla se puede apreciar la pérdida de calidad a partir de un factor de calidad de 100, ya que los colores se empiezan a agrupar en bloques de color cada vez más grandes, bien apreciables en las imágenes de factor de calidad 500, perdiendo todos los detalles de la imagen.

Al aumentar el factor de calidad la relación de compresión y el error cuadrático medio se incrementan también, la compresión es mayor y, por lo tanto, la calidad de la imagen resultante es mucho peor.

Desde la gráfica podemos ver que los métodos se mantienen muy igualados, con apenas diferencia a partir del 85% de RC. Lo mismo pasa con el tiempo, donde empeora un poco en Huffman a medida. Pero por lo general, mantienen resultados muy parecidos.

Al igual que en la imagen anterior, es conveniente mantener una buena calidad de la imagen para poder apreciar los detalles de la misma. En este caso, no conviene usar un factor de calidad mayor que 75 para no perder esta información.

➤ Imagen “img06.bmp”

A continuación, en la Figura 22 y 23, se observan las imágenes resultado de aplicar los dos métodos Huffman, para los factores de calidad (1, 25, 75, 100, 250, 500).

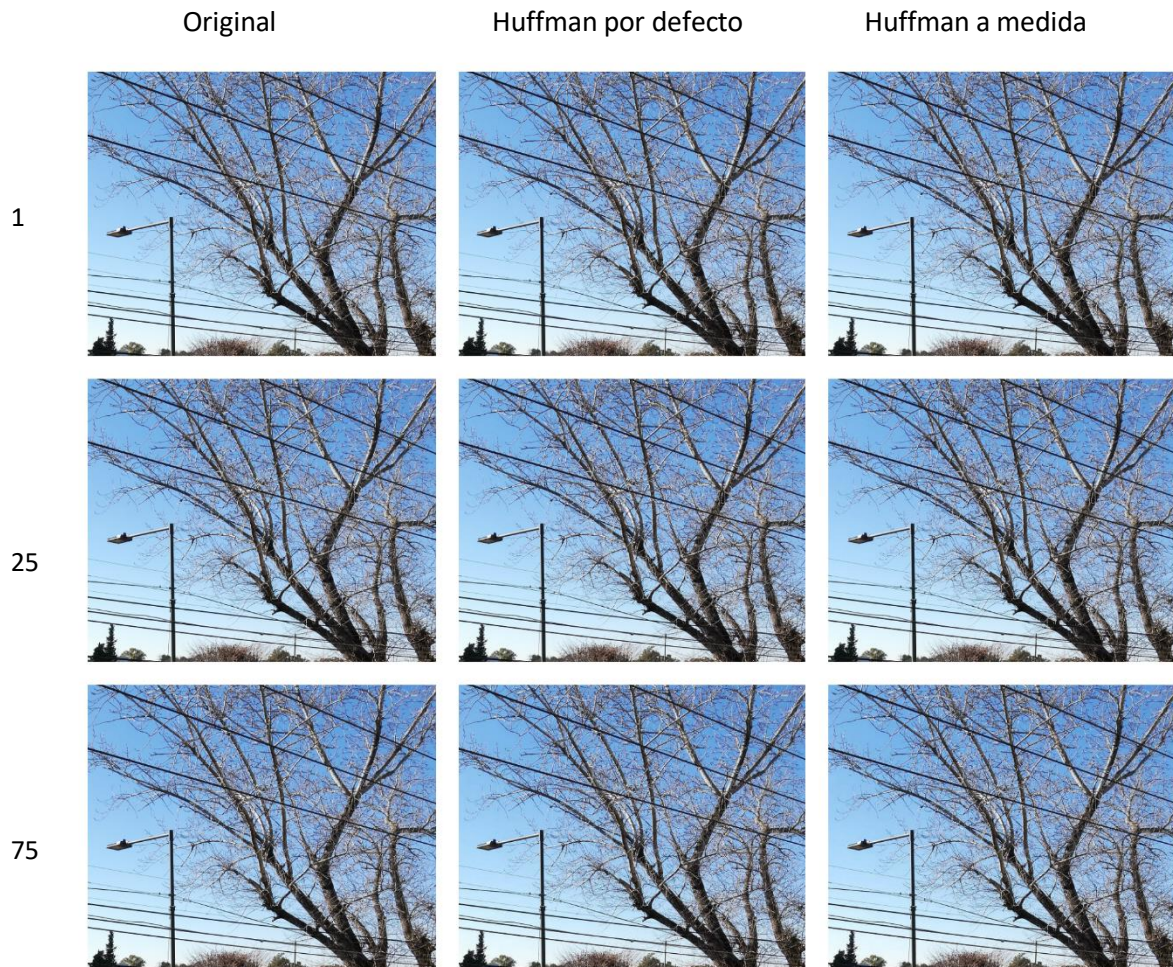


Figura 22. Comparación de resultados de “img06.bmp”.

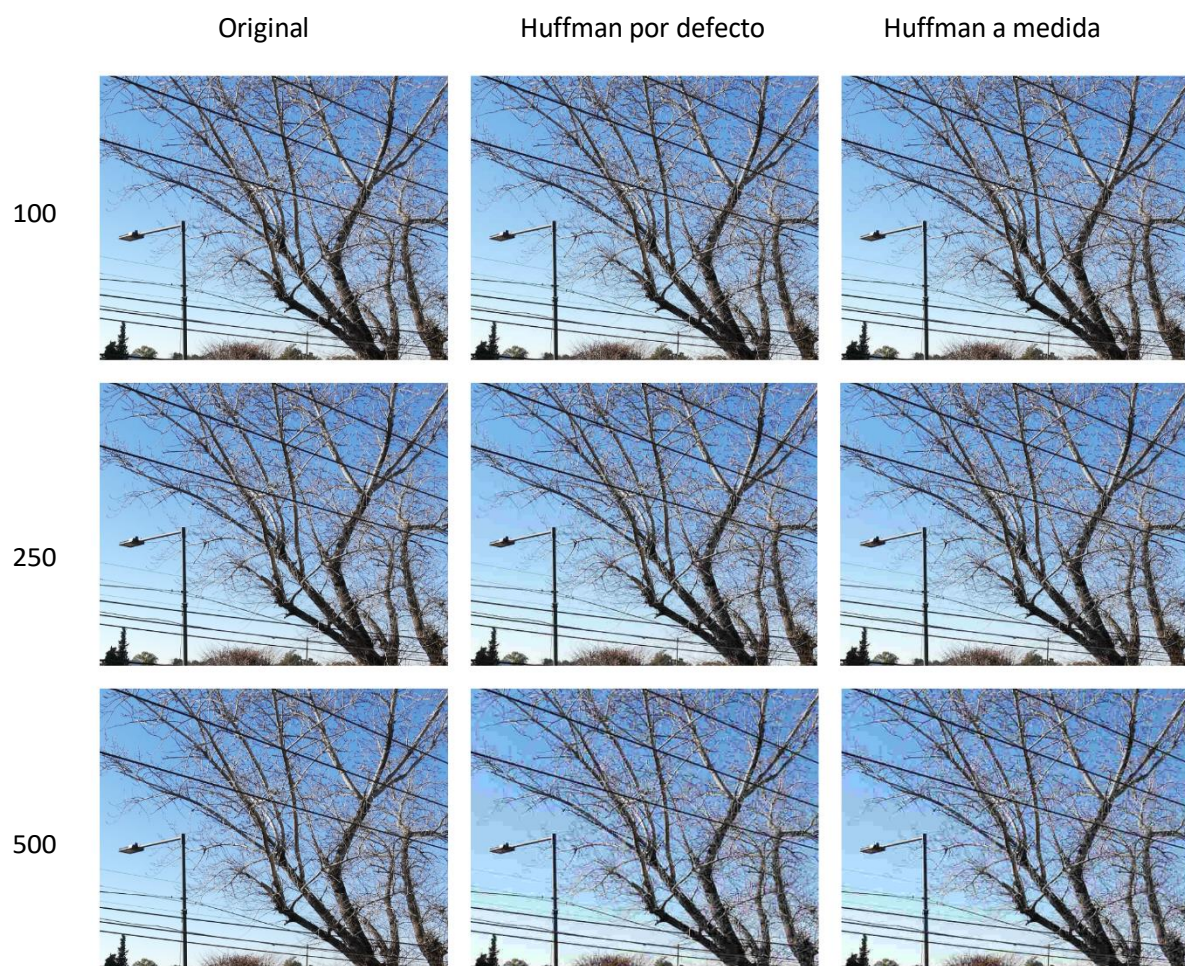


Figura 23. Comparación de resultados de “img06.bmp”.

Y en la tabla de la Figura 24, podemos ver los valores de la relación de compresión (RC) y del error cuadrático medio, así como la duración en segundos de la compresión y la descompresión en cada método Huffman.

FC	Huffman por defecto				Huffman a medida			
	RC (%)	MSE (%)	T. Comp. (seg)	T. Desc. (seg)	RC (%)	MSE (%)	T. Comp. (seg)	T. Desc. (seg)
1	29.09	0.69	22.06	30.33	39.38	0.69	23.48	25.44
25	79.34	42.71	8.72	11.66	79.73	42.71	8.72	10.64
75	88.16	218.38	5.88	7.44	88.35	218.38	5.97	7.33
100	90.05	325.21	5.20	6.72	90.26	325.21	5.28	6.47
250	94.94	781.74	3.36	4.72	95.32	781.74	4.33	4.31
500	97.03	1117.55	2.84	3.45	97.48	1117.55	2.94	3.23

Figura 24. Tabla de resultados de “img06.bmp”.

En la siguiente gráfica de la Figura 25, donde podremos apreciar la curva correspondiente a la compresión con Huffman por defecto junto con la curva asociada a la compresión con Huffman a medida. En el eje X se representa la relación de compresión (RC) y en el eje Y se representa el logaritmo del error cuadrático medio (MSE).

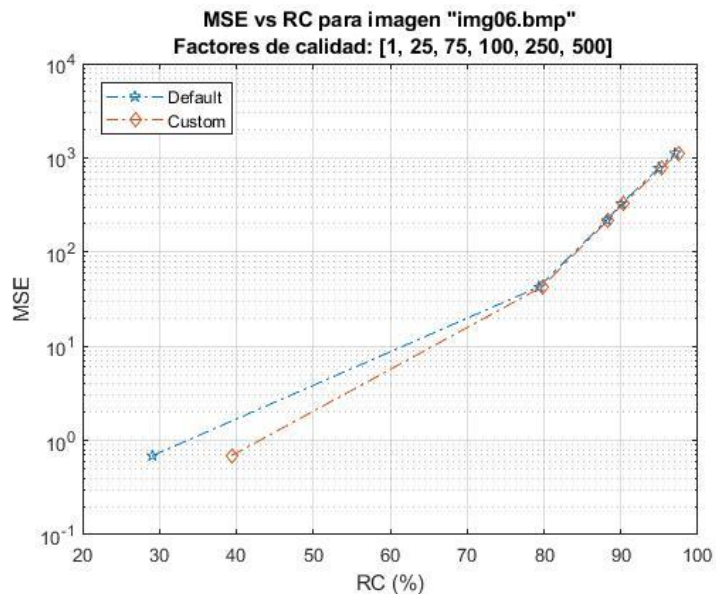


Figura 25. Gráfica MSE vs RC de "img06.bmp".

Esta imagen presenta en todo el cielo tonalidades de azul muy parecidas, lo que provocará que estas zonas sean las que más sufran la compresión. Podemos observar esto en la imagen comprimida con factor de calidad 500. Las ramas del árbol que inundan toda la imagen provocan, a medida que aumenta el factor de calidad, que se forme más ruido en toda la imagen deformando las ramas y creando un efecto cuadrículado.

El error cuadrático medio (MSE) se incrementa muy notablemente en esta imagen, debido a lo que se comenta en el párrafo anterior. A partir de un RC por encima del 80%, el MSE se dispara influyendo en la calidad de la imagen. En la tabla vemos también como los tiempos de compresión y descompresión son más elevados que en el resto de casos, debido a la complejidad de la imagen.

Al igual que en todas las imágenes estudiadas los dos métodos son muy similares en cuanto a los resultados obtenidos de RC y MSE. Como vemos en la gráfica, los valores de ambas curvas se aproximan más cuando se supera un RC del 70%. Pero en general, aunque el método a medida es mejor, la diferencia entre ambos es muy escasa.

Como conclusión en esta imagen, para mantener una buena calidad de la misma y a su vez una compresión importante, se recomendaría no usar un factor de calidad superior a 75 para ambos métodos.

4. Conclusiones

Mediante el análisis individual de cada imagen, se ha podido ver como la relación de compresión (RC) y el error cuadrático medio (MSE) iba incrementándose considerablemente a medida que crecía el factor de calidad. Cuanto mayor eran estos valores la calidad de la imagen empeoraba, pero lo que realmente influye en este resultado es el MSE, por lo que se puede afirmar que el MSE es inversamente proporcional a la calidad de la imagen resultado.

El tiempo de compresión y descompresión, como se ha comentado, también se ve influido por el factor de calidad empleado. Los resultados indican que para un factor de calidad 1, es decir, para mantener lo máximo posible la calidad de la imagen, el tiempo aumenta con mucha diferencia entre los otros factores de calidad estudiados como consecuencia de lo complejo que se vuelve para el algoritmo la codificación y decodificación.

En general, se ha podido comprobar como el método Huffman con tablas a medida ofrece mejores resultados que el método Huffman por defecto, a pesar de que esta diferencia no sea tan grande tal como se observa en las gráficas. Por otro lado, se puede observar en los archivos comprimidos, que utilizando las tablas a medida para cada imagen se consigue una compresión mayor en comparación a utilizar tablas por defecto, para todos los factores de calidad. Tomando como ejemplo los tamaños de los archivos generados para la imagen "img04.bmp", podemos ver esta comparación en la tabla de la Figura 26.

FC	Tamaño original	Huffman por defecto	Huffman a medida
		Tamaño imagen comprimida (.hud)	Tamaño imagen comprimida (.huc)
1	900 KB	528 KB	485 KB
25	900 KB	117 KB	116 KB
75	900 KB	57 KB	55 KB
100	900 KB	47 KB	44 KB
250	900 KB	25 KB	21 KB
500	900 KB	16 KB	11 KB

Figura 26. Tabla comparativa de tamaños de archivo para la imagen "img04.bmp".

Como conclusión de los datos obtenidos en el estudio experimental, se recomendaría utilizar un factor de calidad que se encuentre entre los valores 25 y 75, que consiguen en general unos buenos resultados de RC y MSE, generando imágenes sin una pérdida de calidad muy notable. Ya que como se ha visto, en imágenes con muchos detalles o cambios bruscos de color entre píxeles esto se verá afectado de forma negativa en el resultado de la descompresión.

5. Bibliografía

- [1] Documentación de Matlab: <https://es.mathworks.com/help/matlab/>
- [2] Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Codificaci%C3%B3n_Huffman
- [3] Apuntes de la asignatura:
 - [04CompresionHuffman-print.v3.pdf](#)
 - [07CompresionImagenes.pdf](#)

6. Imágenes utilizadas

Imagen "img01.bmp"



Dimensiones: 640 x 480 píxeles
Profundidad: 24 bits
Tamaño: 900 KB
URL: [URL](#), 22/12/2019

Seleccionada por su gran variabilidad de color y la distribución uniforme de los mismos.

Imagen "img02.bmp"



Dimensiones: 640 x 480 píxeles
Profundidad: 24 bits
Tamaño: 900 KB
URL: imagen propia

Seleccionada por sus colores similares y por tener ciertas zonas de color más plano.

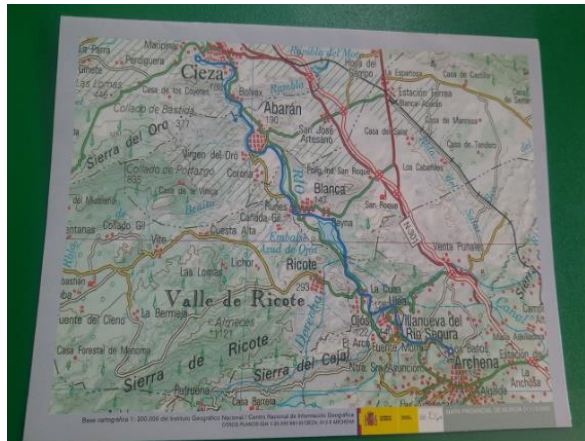
Imagen “img03.bmp”



Dimensiones: 640 x 480 píxeles
Profundidad: 24 bits
Tamaño: 900 KB
URL: [URL](#), 22/12/2019

Seleccionada por sus contrastes, detalles y por sus zonas densas de color homogéneo.

Imagen “img04.bmp”



Dimensiones: 640 x 480 píxeles
Profundidad: 24 bits
Tamaño: 900 KB
URL: imagen propia

Seleccionada por su alto nivel de detalle al contener letras de distintos tamaños.

Imagen “img05.bmp”



Dimensiones: 640 x 480 píxeles
Profundidad: 24 bits
Tamaño: 900 KB
URL: imagen propia

Seleccionada por el gran nivel de detalles y por tener zonas con muchos cambios bruscos de color.

Imagen “img06.bmp”

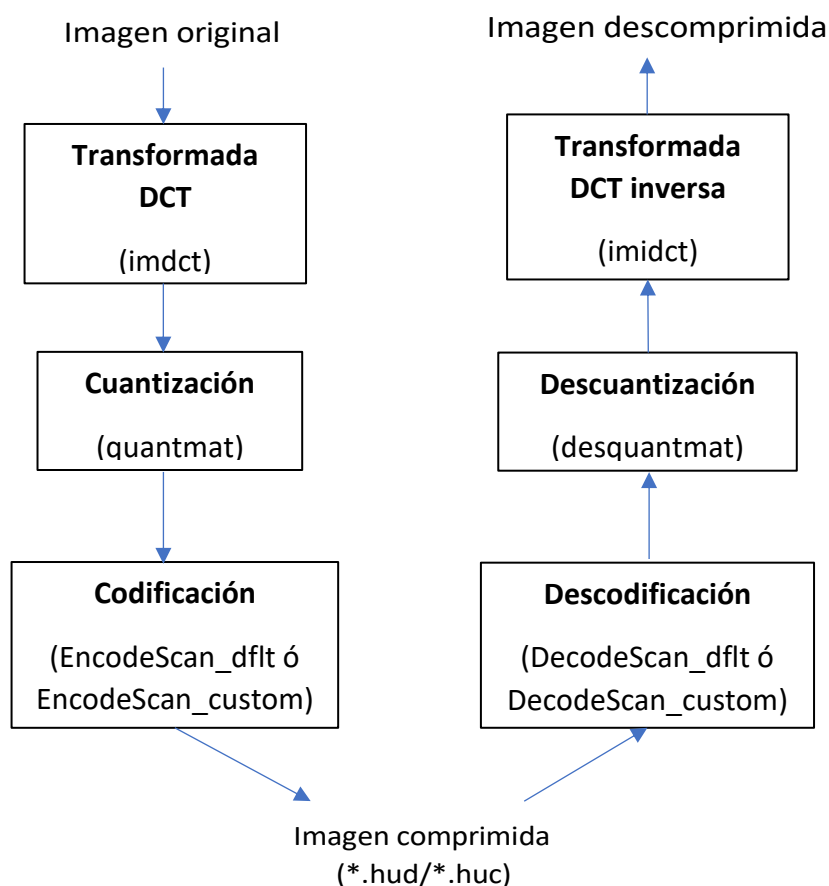


Dimensiones: 640 x 480 píxeles
Profundidad: 24 bits
Tamaño: 900 KB
URL: imagen propia

Seleccionada por sus zonas de color homogéneas y por cambios bruscos de color entre píxeles.

7. Diagramas de flujo

En el diagrama de flujo se representa el proceso de compresión de la imagen original seguido del proceso de descompresión obteniendo la imagen descomprimida. Se han añadido las principales funciones que se emplean en el código implementado. Ambos métodos Huffman estudiados se basan en el mismo esquema, donde solo cambia la función de codificación y decodificación.



El esquema general, más detallado, se puede ver en la siguiente imagen. [\[1\]](#)

