

**EJEMPLO COMENTADO DE CODIFICACIÓN JPEG DCT BASELINE**  
(Ref: Artículo de G. K. Wallace "The JPEG Still Picture Compression Standard")

**Líneas Generales:**

La imagen de partida está bajo representación del espacio de color RGB, YUV, CIELUC, CIELAB,... Normalmente se prefieren los tres últimos, donde dos componentes representan el color y una tercera la intensidad luminosa del pixel, ya que son más eficientes desde el punto de vista de la compresión. En cualquiera de los casos mencionados la imagen aparecería compuesta por tres "planos" o matrices de NxM elementos. Por ejemplo, en el sistema RGB una matriz para R, otra para G y finalmente una última para B.

Cada matriz debe descomponerse en bloques de 8x8. La codificación se realiza sobre cada bloque individual, teniendo en cuenta como se verá más abajo los bloques previamente procesados.

**Procesamiento de un bloque 8x8.**

Sea el siguiente bloque de 8x8 elementos:

139	144	149	153	155	155	155	155
144	151	153	156	159	156	156	156
159	155	169	163	158	156	156	156
159	161	162	160	160	159	159	159
159	160	161	162	162	155	155	155
161	161	161	161	160	157	157	157
162	162	161	163	162	157	157	157
162	162	161	161	163	158	158	158

**Paso 1.** Restamos 128 de cada una de las muestras. Con ello se consiguen los límites máximos y mínimos adecuados para los coeficientes de la DCT que se aplicará a continuación.

11	16	21	25	27	27	27	27
16	23	25	28	31	28	28	28
31	27	41	35	30	28	28	28
31	33	34	32	32	31	31	31
31	32	33	34	34	27	27	27
33	33	33	33	32	29	29	29
34	34	33	35	34	29	29	29
34	34	33	33	35	30	30	30

**Paso 2.** Calculamos la DCT

237.87	1.41	-11.22	-5.44	2.13	-0.48	-0.63	2.96
-20.82	-15.56	-5.56	-3.34	-2.86	0.87	2.07	0.10
-12.17	-10.59	-2.04	1.66	0.20	-1.59	-1.69	-0.95
-10.20	-5.30	-0.97	1.78	0.90	-1.74	-2.93	-1.93
-2.87	-3.28	0.61	1.79	-0.13	-1.86	-1.47	-0.36
2.37	0.47	1.86	-0.41	-0.78	1.81	1.61	-0.54
1.66	2.83	0.81	-1.77	-0.49	3.30	3.79	1.37
0.05	4.43	-2.75	-2.12	1.87	2.62	1.88	1.47

**Paso 3.** Realizamos la cuantización. Para ello realizamos la división redondeada al entero más cercano del resultado de la DCT entre la tabla de divisores (también denominada tabla de cuantización).

<table border="1"> <tr><td>16</td><td>11</td><td>10</td><td>16</td><td>24</td><td>40</td><td>51</td><td>61</td></tr> <tr><td>12</td><td>12</td><td>14</td><td>19</td><td>26</td><td>58</td><td>60</td><td>55</td></tr> <tr><td>14</td><td>13</td><td>16</td><td>24</td><td>40</td><td>57</td><td>69</td><td>56</td></tr> <tr><td>14</td><td>17</td><td>22</td><td>29</td><td>51</td><td>87</td><td>80</td><td>62</td></tr> <tr><td>18</td><td>22</td><td>37</td><td>56</td><td>68</td><td>109</td><td>103</td><td>77</td></tr> <tr><td>24</td><td>35</td><td>55</td><td>64</td><td>81</td><td>104</td><td>113</td><td>92</td></tr> <tr><td>49</td><td>64</td><td>78</td><td>87</td><td>103</td><td>121</td><td>120</td><td>101</td></tr> <tr><td>72</td><td>92</td><td>95</td><td>98</td><td>112</td><td>100</td><td>103</td><td>99</td></tr> </table> <p><b>Tabla de cuantización</b></p>	16	11	10	16	24	40	51	61	12	12	14	19	26	58	60	55	14	13	16	24	40	57	69	56	14	17	22	29	51	87	80	62	18	22	37	56	68	109	103	77	24	35	55	64	81	104	113	92	49	64	78	87	103	121	120	101	72	92	95	98	112	100	103	99	<table border="1"> <tr><td>15</td><td>0</td><td>-1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>-2</td><td>-1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>-1</td><td>-1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>-1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table> <p><b>Resultado tras aplicar la cuantización.</b></p>	15	0	-1	0	0	0	0	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	11	10	16	24	40	51	61																																																																																																																										
12	12	14	19	26	58	60	55																																																																																																																										
14	13	16	24	40	57	69	56																																																																																																																										
14	17	22	29	51	87	80	62																																																																																																																										
18	22	37	56	68	109	103	77																																																																																																																										
24	35	55	64	81	104	113	92																																																																																																																										
49	64	78	87	103	121	120	101																																																																																																																										
72	92	95	98	112	100	103	99																																																																																																																										
15	0	-1	0	0	0	0	0																																																																																																																										
-2	-1	0	0	0	0	0	0																																																																																																																										
-1	-1	0	0	0	0	0	0																																																																																																																										
-1	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																										
0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																										
0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																										
0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																										
0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																										

**Paso 4.** Se codifica el coeficiente DC (coeficiente (0,0) de la DCT una vez cuantizado. La codificación es diferencial, esto quiere decir que en realidad se codifica la diferencia respecto al coeficiente DC del bloque anterior. Supongamos que se trata de **12**. En ese caso hay que codificar un **+3**.

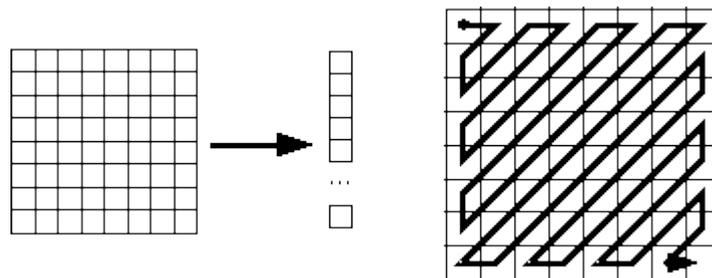
En JPEG el proceso de codificación basado en entropía hay que entenderlo en dos pasos. Primero el número se codifica con los llamados símbolos intermedios. Los símbolos intermedios para los coeficientes de tipo DC tiene dos partes (SIZE) y (AMPLITUDE). SIZE es el número de bits usados para codificar el número, mientras que AMPLITUDE es el valor. La pareja (SIZE) (AMPLITUDE) se puede obtener de la tabla denominada "estructura para el símbolo-2 en la codificación entrópica del esquema base" (baseline entropy coding symbol-2 structure). Esta tabla es la siguiente:

SIZE	AMPLITUDE
1	-1,1
2	-3,-2,2,3
3	-7,...,-4,4,...,7
4	-15,...,-8,8,...,15
5	-31,...,-16,16,...,31
6	-63,...,-32,32,...,63
7	-127,...,-64,64,...,127
8	-255,...,-128,128,...,255
9	-511,...,-256,256,...,512
10	-1023,...,-512,512,...,1023

### Baseline Entropy Coding Symbol-2 Structure

De esta manera el número **+3**, queda representada por una pareja de símbolos intermedios como (2)(3).

**Paso 5.** Ahora se codifican los denominados coeficientes AC, que son el resto de coeficientes del bloque de 8x8 transformado. El orden en que se codifican es en zig-zag, como se muestra en la figura:



**Orden de codificación de los coeficientes**

En nuestro caso el orden nos haría pasar por los coeficientes:

0, -2, -1, -1, -1, 0, 0, -1, 0, ..(todo 0)..., 0

La compresión JPEG utiliza una estrategia particular de run-length encoding. Esto se realiza al crear la representación en símbolos intermedios de los coeficientes AC. Se considera que cada coeficiente tiene asociado dos símbolos, el símbolo-1 formado por la pareja (RUNLENGTH, SIZE) y el símbolo-2 formado por AMPLITUDE.

SIZE y AMPLITUDE operan igual que en el caso del coeficiente DC, mientras que RUNLENGTH es la cuenta de 0s consecutivos anteriores al coeficiente con algunas salvedades importantes. RUNLENGTH es un entero que sólo puede tomar valores en el intervalo [0, 15], por lo que si el coeficiente AC tiene más de 15 ceros consecutivos en el zig-zag que le precede, deberán usarse más de un símbolo-1 tomando el símbolo-1 especial (15,0) como una cuenta de 16 ceros precedentes. Por ejemplo, si el coeficiente AC con valor +3 tiene 40 ceros previos, se le asociará la secuencia de símbolos intermedios:

(15,0) (15,0) (8, 2) (3)

es decir 3 símbolo-1s y 1 símbolo 2.

Existe otro símbolo 1 especial que indica que la secuencia de 0s incluye al último coeficiente (el que hace el número 63 en el zig-zag). En ese caso, se usa el símbolo-1 terminal (0,0) que no irá seguido de un símbolo-2

En el ejemplo que estamos desarrollando, tenemos que el primer coeficiente AC diferente de 0 es el -2. Como tiene 1 cero previo y en la tabla aparece con SIZE=2, lo codificamos como (1,2) (-2). El siguiente es -1, quedaría (0,1) (-1) al no tener ningún cero previo y tener SIZE=1. De esta forma, e incluyendo el coeficiente DC como primer símbolo, la lista de símbolos intermedios que representa este bloque de 64 números es:

(2)(3), (1,2)(-2), (0,1)(-1), (0,1)(-1), (0,1)(-1), (2,1)(-1), (0,0)

Obsérvese la utilización del símbolo-1 terminal (0,0) para representar la secuencia de 0s hasta el final del bloque.

**Paso 6.** Codificación Huffman. El estándar JPEG ya establece los códigos Huffman para los símbolos-1 intermedios:

Para el DC:

(2) 011

Para los AC:

(0,0) 1010  
(0,1) 00  
(1,2) 11011  
(2,1) 11100

Los símbolos-2 no usan una codificación Huffman, sino una representación natural:

(3) 11  
(-2) 01  
(-1) 0

Por lo que la secuencia de bits que representa la codificación JPEG DCT Baseline de este bloque es:

**0111111011010000100101110001010**

esto es, un total de 31 bits para representar 64 coeficientes, lo que da una reparto de 0.5 bits por muestra.