

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas  
Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación  
Carrera de Ciencias de la Computación

**CC53 Procesamiento de Imágenes**

# Compresión de Imágenes

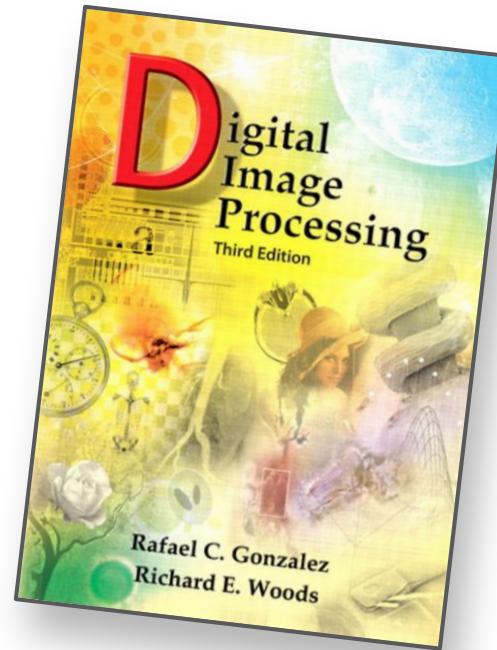
Prof. Peter Montalvo García

# Agenda

- Motivación
- Redundancia de código
- Redundancia espacio-temporal
  - Redundancia Interpixel
- Redundancia psico-visual
- Sistema de compresión de imágenes
- Compresión con pérdida y sin pérdidas
- Códigos de Huffman
- K-means y cuantización

# Nota

- Esta sesión está basada en el libro “Digital Image Processing” 3ra edición de Rafael C. González y Richard E. Woods. En especial el capítulo 8



# Pregunta

**Contexto:** Un video en SD (720x480) usando colores de 24 bits (3 bytes - uno por canal RGB) a 30 fps

¿Cuánto ocupa aproximadamente 1 vídeo de 2 horas?

A)  $10^9$  bytes

B)  $10^{10}$  bytes

C)  $10^{11}$  bytes

D)  $10^{12}$  bytes

# Pregunta

**Contexto:** Un video en SD (720x480) usando colores de 24 bits (3 bytes - uno por canal RGB) a 30 fps

¿Cuánto ocupa aproximadamente 1 vídeo de 2 horas?

$$30 \frac{\text{frames}}{\text{sec}} \times (720 \times 480) \frac{\text{pixels}}{\text{frame}} \times 3 \frac{\text{bytes}}{\text{pixel}} = 31,104,000 \text{ bytes/sec}$$

$$31,104,000 \frac{\text{bytes}}{\text{sec}} \times (60^2) \frac{\text{sec}}{\text{hr}} \times 2 \text{ hrs} \cong 2.24 \times 10^{11} \text{ bytes}$$

A)  $10^9$  bytes

B)  $10^{10}$  bytes

C)  $10^{11}$  bytes

aproximadamente 224 GB

D)  $10^{12}$  bytes

# Pregunta

**Contexto:** Un video en SD (720x480) usando colores de 24 bits (3 bytes - uno por canal RGB) a 30 fps, lo que genera un archivo de aproximadamente 224GB

¿Cuántos DVDs de 8.5 GB se necesitan aproximadamente?

A) 7

B) 17

C) 27

D) 37

# Pregunta

**Contexto:** Un video en SD (720x480) usando colores de 24 bits (3 bytes - uno por canal RGB) a 30 fps, lo que genera un archivo de aproximadamente 224GB

¿Cuántos DVDs de 8.5 GB se necesitan aproximadamente?

A) 7

B) 17

C) 27

D) 37

# Pregunta

**Contexto:** Un video en SD (720x480) usando colores de 24 bits (3 bytes - uno por canal RGB) a 30 fps, lo que genera un archivo de aproximadamente 224GB.

Dado que se necesitan 27 DVDs de 8.5 GB para almacenar el video

¿Cuánto es el **factor de compresión** que se necesita para que quepa en un solo DVD?

A) 0.03

B) 0.3

C) 2.7

D) 27

# Pregunta

**Contexto:** Un video en SD (720x480) usando colores de 24 bits (3 bytes - uno por canal RGB) a 30 fps, lo que genera un archivo de aproximadamente 224GB.

Dado que se necesitan 27 DVDs de 8.5 GB para almacenar el video

¿Cuánto es el **factor de compresión** que se necesita para que quepa en un solo DVD?

A) 0.03

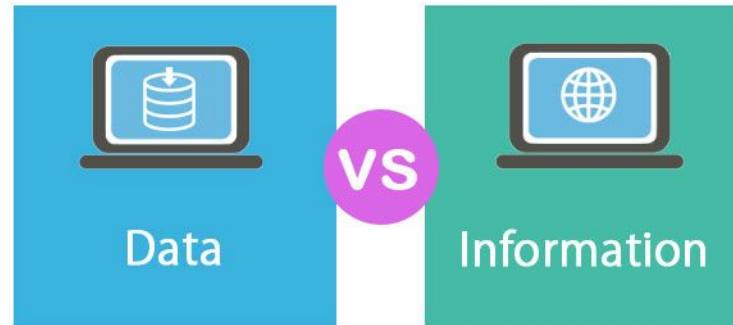
B) 0.3

C) 2.7

D) 27

# Compresión de datos: definición

- El término compresión de datos se refiere al proceso de reducir el espacio requerido para representar una cantidad de información dada.



# ¿Quienes hacen compresión de imágenes?

research.netflix.com/research-area/video-encoding-and-quality

NETFLIX RESEARCH

HOME RESEARCH AREAS BUSINESS AREAS ARTICLES JOBS

RESEARCH AREAS

## Encoding & Quality

The best bang for your bytes



# Redundancia de código

Si consideramos que distintos valores de intensidad tienen distintas probabilidades de ocurrir en una imagen, podríamos pensar en un código más eficiente, en el que los valores más frecuentes tengan código más pequeños

# Redundancia de código

$r_k$	$p_r(r_k)$	Code 1	$I_I(r_k)$	Code 2	$I_2(r_k)$
$r_{87} = 87$	0.25	01010111	8	01	2
$r_{128} = 128$	0.47	10000000	8	1	1
$r_{186} = 186$	0.25	11000100	8	000	3
$r_{255} = 255$	0.03	11111111	8	001	3
$r_k$ for $k \neq 87, 128, 186, 255$	0	—	8	—	0

¿cuál es el tamaño promedio del código 1?

A) 1 bit

B) 1.81 bits

C) 2 bits

D) 8 bits

# Redundancia de código

$r_k$	$p_r(r_k)$	Code 1	$I_I(r_k)$	Code 2	$I_2(r_k)$
$r_{87} = 87$	0.25	01010111	8	01	2
$r_{128} = 128$	0.47	10000000	8	1	1
$r_{186} = 186$	0.25	11000100	8	000	3
$r_{255} = 255$	0.03	11111111	8	001	3
$r_k$ for $k \neq 87, 128, 186, 255$	0	—	8	—	0

¿cuál es el tamaño promedio del código 1?

A) 1 bit

B) 1.81 bits

C) 2 bits

D) 8 bits

# Redundancia de código

$r_k$	$p_r(r_k)$	Code 1	$I_I(r_k)$	Code 2	$I_2(r_k)$
$r_{87} = 87$	0.25	01010111	8	01	2
$r_{128} = 128$	0.47	10000000	8	1	1
$r_{186} = 186$	0.25	11000100	8	000	3
$r_{255} = 255$	0.03	11111111	8	001	3
$r_k$ for $k \neq 87, 128, 186, 255$	0	—	8	—	0

¿cuál es el tamaño promedio del código 2?

A) 1 bit

B) 1.81 bits

C) 2 bits

D) 8 bits

# Redundancia de código

$r_k$	$p_r(r_k)$	Code 1	$I_I(r_k)$	Code 2	$I_2(r_k)$
$r_{87} = 87$	0.25	01010111	8	01	2
$r_{128} = 128$	0.47	10000000	8	1	1
$r_{186} = 186$	0.25	11000100	8	000	3
$r_{255} = 255$	0.03	11111111	8	001	3
$r_k$ for $k \neq 87, 128, 186, 255$	0	—	8	—	0

¿cuál es el tamaño promedio del código 2?

$$L_{\text{avg}} = 0.25(2) + 0.47(1) + 0.25(3) + 0.03(3) = 1.81 \text{ bits}$$

A) 1 bit

B) 1.81 bits

C) 2 bits

D) 8 bits

# Redundancia de código

$r_k$	$p_r(r_k)$	<b>Code 1</b>	$I_I(r_k)$	<b>Code 2</b>	$I_2(r_k)$
$r_{87} = 87$	0.25	01010111	8	01	2
$r_{128} = 128$	0.47	10000000	8	1	1
$r_{186} = 186$	0.25	11000100	8	000	3
$r_{255} = 255$	0.03	11111111	8	001	3
$r_k$ for $k \neq 87, 128, 186, 255$	0	—	8	—	0

¿cuál es el factor de compresión del código 2 respecto al código 1? por cada pixel

A) 1.81

B) 2

C) 4

D) 4.42

# Redundancia de código

$r_k$	$p_r(r_k)$	<b>Code 1</b>	$I_I(r_k)$	<b>Code 2</b>	$I_2(r_k)$
$r_{87} = 87$	0.25	01010111	8	01	2
$r_{128} = 128$	0.47	10000000	8	1	1
$r_{186} = 186$	0.25	11000100	8	000	3
$r_{255} = 255$	0.03	11111111	8	001	3
$r_k$ for $k \neq 87, 128, 186, 255$	0	—	8	—	0

A) 1.81

B) 2

C) 4

D) 4.42

¿cuál es el factor de compresión del código 2 respecto al código 1? por cada pixel

$$\frac{8}{1.81} \approx 4.42$$

# Redundancia de código

$r_k$	$p_r(r_k)$	<b>Code 1</b>	$I_I(r_k)$	<b>Code 2</b>	$I_2(r_k)$
$r_{87} = 87$	0.25	01010111	8	01	2
$r_{128} = 128$	0.47	10000000	8	1	1
$r_{186} = 186$	0.25	11000100	8	000	3
$r_{255} = 255$	0.03	11111111	8	001	3
$r_k$ for $k \neq 87, 128, 186, 255$	0	—	8	—	0

¿cuál es el factor de compresión del código 2 respecto al código 1 para toda la imagen? considere que la imagen tiene un tamaño de 256x256

A) 1.81

B) 2

C) 4

D) 4.42

# Redundancia de código

$r_k$	$p_r(r_k)$	<b>Code 1</b>	$I_I(r_k)$	<b>Code 2</b>	$I_2(r_k)$
$r_{87} = 87$	0.25	01010111	8	01	2
$r_{128} = 128$	0.47	10000000	8	1	1
$r_{186} = 186$	0.25	11000100	8	000	3
$r_{255} = 255$	0.03	11111111	8	001	3
$r_k$ for $k \neq 87, 128, 186, 255$	0	—	8	—	0

¿cuál es el factor de compresión del código 2 respecto al código 1 para toda la imagen? considere que la imagen tiene un tamaño de 256x256

$$C = \frac{256 \times 256 \times 8}{118,621} = \frac{8}{1.81} \approx 4.42$$

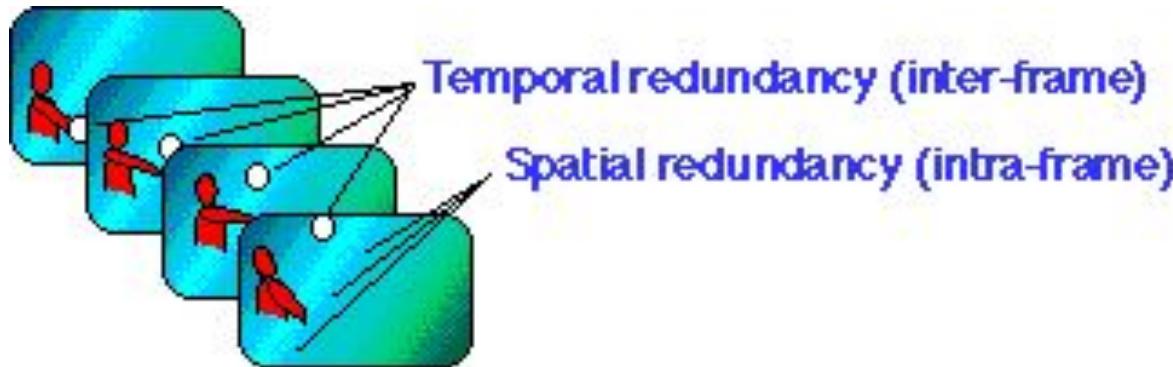
A) 1.81

B) 2

C) 4

D) 4.42

# Redundancia Espacio-Temporal



<https://erg.abdn.ac.uk/future-net/digital-video/mpeg2.html>

# Redundancia Interpixel

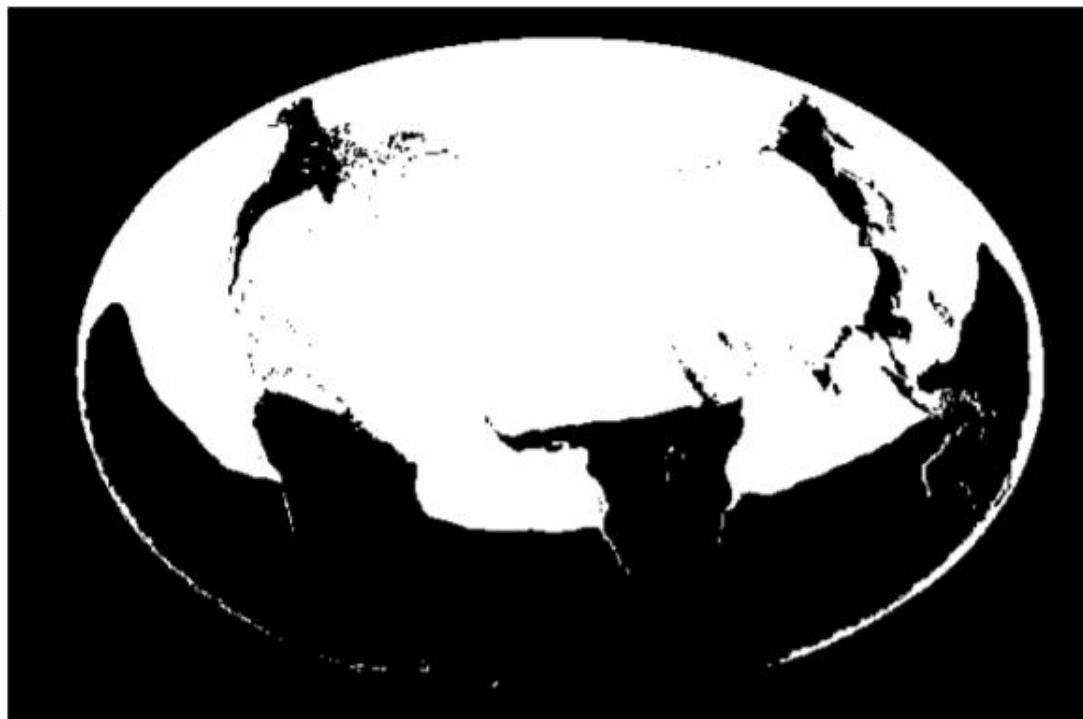
100 →



# Redundancia Interpixel



100 →



# Redundancia Interpixel

$$(1, 29)(0, 9)(1, 55)(0, 4)(1, 8)(0, 3)(1, 79)(0, 5)(1, 9)(0, 5)(1, 7)(0, 10)(1, 97)$$

# Redundancia Psicovisual



(a)  $L = 256$



(b)  $L = 128$

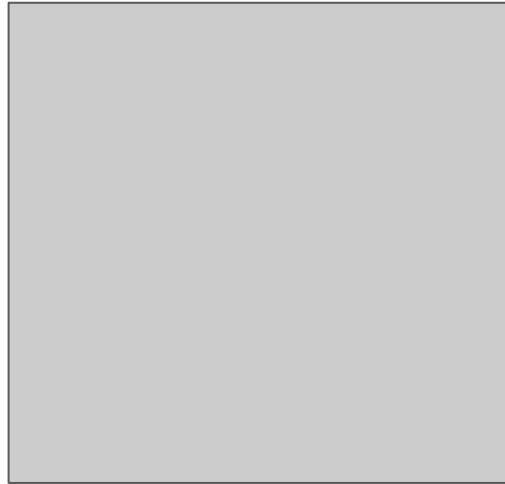


(c)  $L = 64$



(d)  $L = 32$

# Información Irrelevante



# Pregunta

**Contexto:** Según las categorías que hemos visto

¿Cuál correspondería a la imagen de 256x256x8 bits a continuación?



A) Redundancia de código

B) Redundancia espacial

C) Información  
Irrelevante

# Pregunta

**Contexto:** Según las categorías que hemos visto

¿Cuál correspondería a la imagen de 256x256x8 bits a continuación?



A) Redundancia de código

B) Redundancia espacial

C) Información  
Irrelevante

# Pregunta

**Contexto:** Según las categorías que hemos visto

¿Cuál correspondería a la imagen de 256x256x8 bits a continuación?



A) Redundancia de código

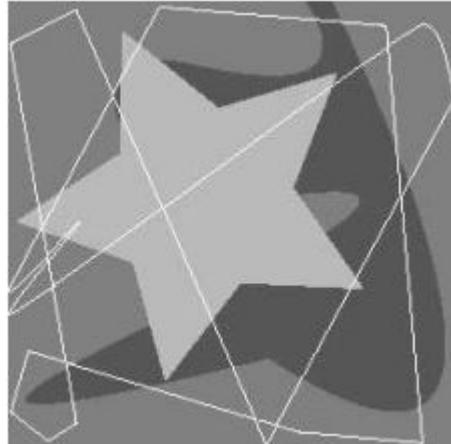
B) Redundancia espacial

C) Información  
Irrelevante

# Pregunta

**Contexto:** Según las categorías que hemos visto

¿Cuál correspondería a la imagen de 256x256x8 bits a continuación?



A) Redundancia de código

B) Redundancia espacial

C) Información  
Irrelevante

# Pregunta

**Contexto:** Según las categorías que hemos visto

¿Cuál correspondería a la imagen de 256x256x8 bits  
a continuación?



A) Redundancia de código

B) Redundancia espacial

C) Información  
Irrelevante

# Pregunta

**Contexto:** Según las categorías que hemos visto

¿Cuál correspondería a la imagen de 256x256x8 bits  
a continuación?

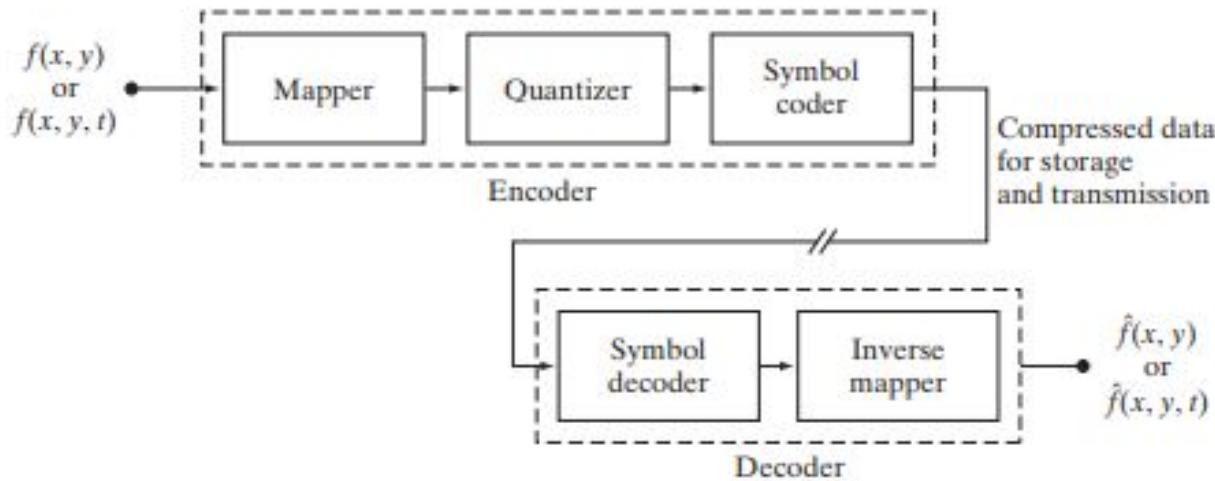


A) Redundancia de código

B) Redundancia espacial

C) Información  
Irrelevante

# Sistema de compresión de imágenes



# Compresión con pérdidas y sin pérdidas

**Original JPG**  
**824 KB**



**50% Lossy Compression**  
**76 KB**



**80% Lossy Compression**  
**38 KB**



# Códigos de Huffman

Vea el video <https://www.youtube.com/watch?v=umTbivyJoiI>

$S_2$	0.40
$S_6$	0.30
$S_1$	0.10
$S_4$	0.10
$S_3$	0.06
$S_5$	0.04

¿Cuál sería el código para cada símbolo?

<https://www.ic.unica.mp.br/~helio/>

A)	<table border="1"><tbody><tr><td>s2</td><td>1</td></tr><tr><td>s6</td><td>00</td></tr><tr><td>s1</td><td>011</td></tr><tr><td>s4</td><td>0100</td></tr><tr><td>s3</td><td>01010</td></tr><tr><td>s5</td><td>01011</td></tr></tbody></table>	s2	1	s6	00	s1	011	s4	0100	s3	01010	s5	01011
s2	1												
s6	00												
s1	011												
s4	0100												
s3	01010												
s5	01011												
B)	<table border="1"><tbody><tr><td>s2</td><td>0</td></tr><tr><td>s6</td><td>01</td></tr><tr><td>s1</td><td>011</td></tr><tr><td>s4</td><td>0100</td></tr><tr><td>s3</td><td>01010</td></tr><tr><td>s5</td><td>01011</td></tr></tbody></table>	s2	0	s6	01	s1	011	s4	0100	s3	01010	s5	01011
s2	0												
s6	01												
s1	011												
s4	0100												
s3	01010												
s5	01011												
C)	<table border="1"><tbody><tr><td>s2</td><td>1</td></tr><tr><td>s6</td><td>00</td></tr><tr><td>s1</td><td>011</td></tr><tr><td>s4</td><td>0000</td></tr><tr><td>s3</td><td>01010</td></tr><tr><td>s5</td><td>01011</td></tr></tbody></table>	s2	1	s6	00	s1	011	s4	0000	s3	01010	s5	01011
s2	1												
s6	00												
s1	011												
s4	0000												
s3	01010												
s5	01011												
D)	<table border="1"><tbody><tr><td>s2</td><td>1</td></tr><tr><td>s6</td><td>11</td></tr><tr><td>s1</td><td>011</td></tr><tr><td>s4</td><td>0100</td></tr><tr><td>s3</td><td>01010</td></tr><tr><td>s5</td><td>01011</td></tr></tbody></table>	s2	1	s6	11	s1	011	s4	0100	s3	01010	s5	01011
s2	1												
s6	11												
s1	011												
s4	0100												
s3	01010												
s5	01011												

# Códigos de Huffman

Vea el video <https://www.youtube.com/watch?v=umTbivyJoiI>

$S_2$	0.40
$S_6$	0.30
$S_1$	0.10
$S_4$	0.10
$S_3$	0.06
$S_5$	0.04

¿Cuál sería el código para cada símbolo?

<https://www.ic.unica.mp.br/~helio/>

A)	s2	1
	s6	00
	s1	011
	s4	0100
	s3	01010
	s5	01011

B)	s2	0
	s6	01
	s1	011
	s4	0100
	s3	01010
	s5	01011

C)	s2	1
	s6	00
	s1	011
	s4	0000
	s3	01010
	s5	01011

D)	s2	1
	s6	11
	s1	011
	s4	0100
	s3	01010
	s5	01011

# Códigos de Huffman

hi this is a test

<https://medium.com/@aprendizaje.maq/algoritmo-de-huffman-8523c21a1b1a>

# Códigos de Huffman

hi this is a test

Carácter	Frecuencia	Código
h	0.117647	100
i	0.176471	110
t	0.235294	01
s	0.176471	111
a	0.0588235	00
e	0.0588235	1010
		1011

# Códigos de Huffman

hi this is a test



1001100111110011000011100001101001111101100111

# Cuantización

¿Cuántos colores son posibles con 8 bits por canal R,G,B?

A) 256

B) 4096

C) 65536

D) 16777216

# Cuantización

¿Cuántos colores son posibles con 8 bits por canal R,G,B?

$$2^{24} = \\ 16777216$$

A) 256

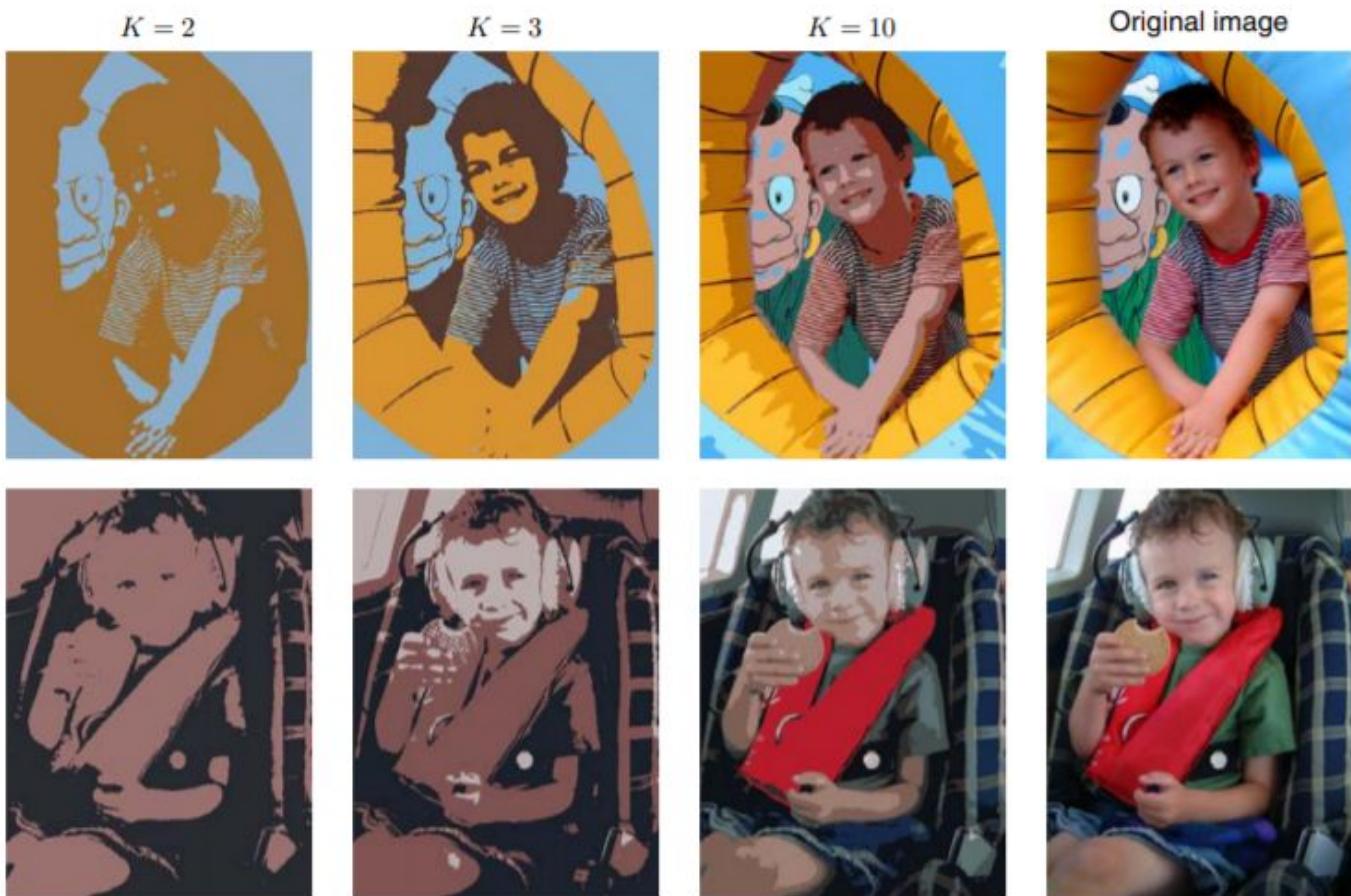
B) 4096

C) 65536

D) 16777216

# Cuantización y K-means

- Una forma de comprimir es reducir la cantidad posible de valores



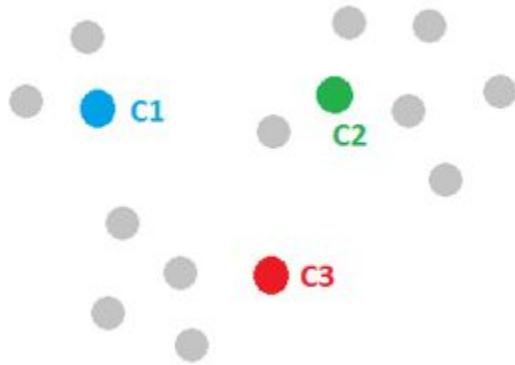
**Figure 9.3** Two examples of the application of the  $K$ -means clustering algorithm to image segmentation showing the initial images together with their  $K$ -means segmentations obtained using various values of  $K$ . This also illustrates of the use of vector quantization for data compression, in which smaller values of  $K$  give higher compression at the expense of poorer image quality.

# Cuantización y K-means



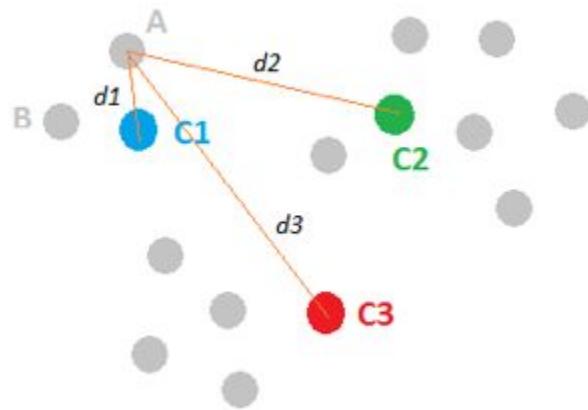
<https://healthcare.ai/step-step-k-means-clustering/>

# Cuantización y K-means



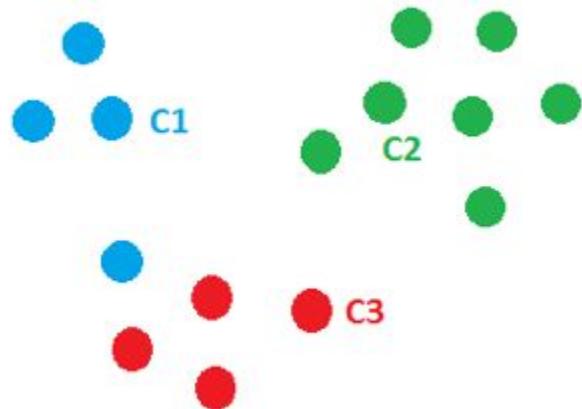
<https://healthcare.ai/step-step-k-means-clustering/>

# Cuantización y K-means



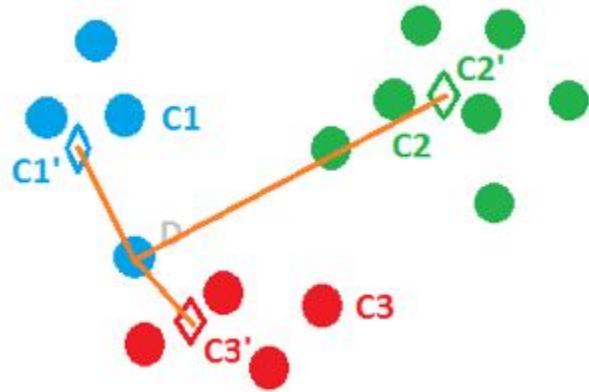
<https://healthcare.ai/step-step-k-means-clustering/>

# Cuantización y K-means



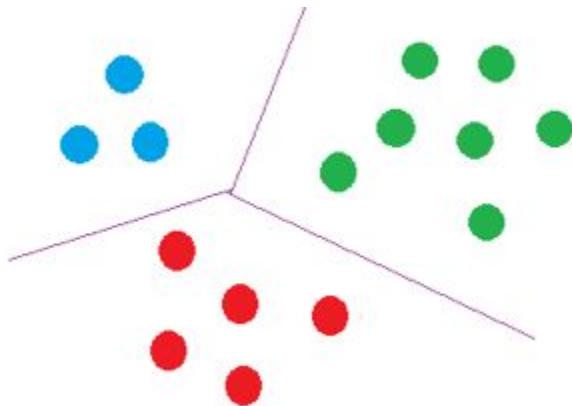
<https://healthcare.ai/step-step-k-means-clustering/>

# Cuantización y K-means



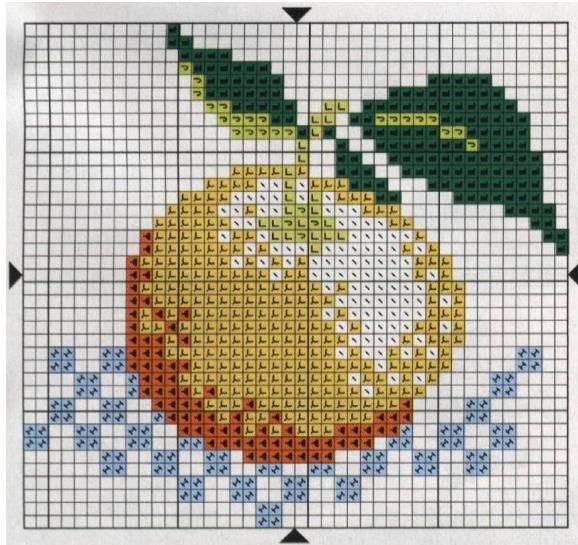
<https://healthcare.ai/step-step-k-means-clustering/>

# Cuantización y K-means



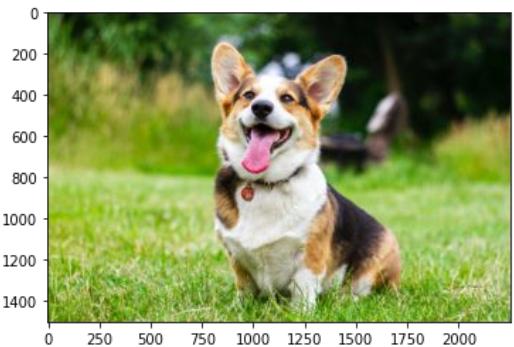
<https://healthcare.ai/step-step-k-means-clustering/>

# Tarea Académica

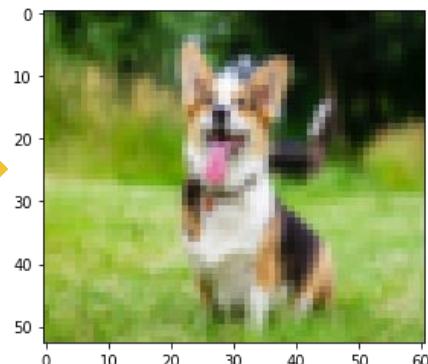


<http://innatia.info/imagenes/frutas-punto-cruz-1.jpg>  
<http://innatia.info/imagenes/frutas-punto-cruz-2.jpg>

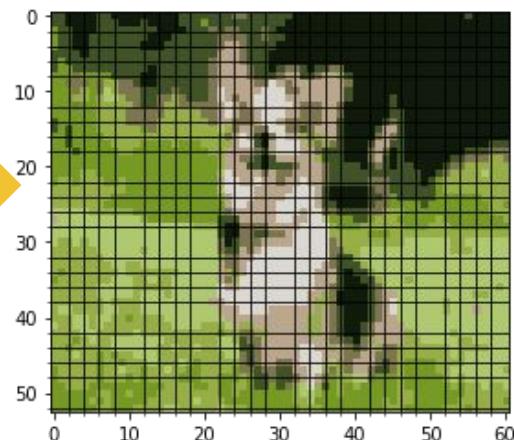
# Tarea Académica



resize

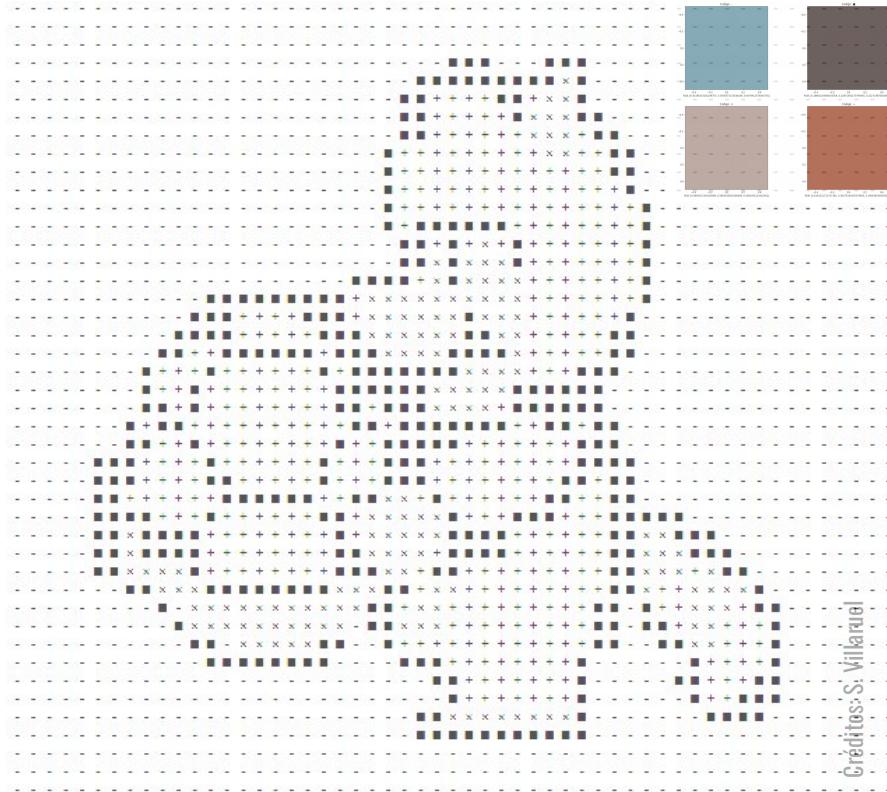
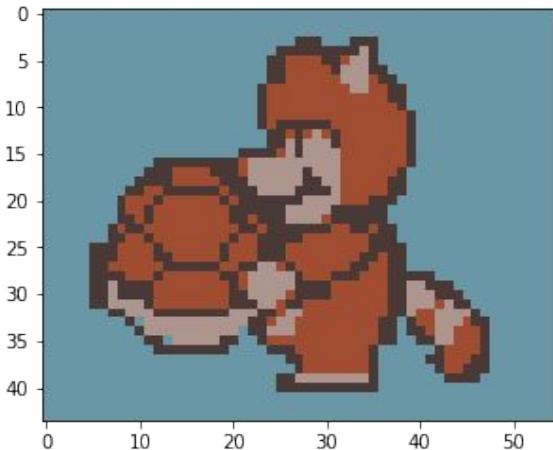


kmeans



```
[[[0.05893575, 0.101425 , 0.04331249],  
 [0.59421391, 0.67474113, 0.28463188],  
 [0.72426367, 0.64917328, 0.55757317],  
 [0.42006637, 0.43846207, 0.27223866],  
 [0.68046649, 0.78677072, 0.4335715 ],  
 [0.46609036, 0.60419832, 0.135393 ],  
 [0.22120542, 0.29500001, 0.1322836 ],  
 [0.86072288, 0.84924902, 0.82002238]])
```

# Ejemplo



Créditos: S. Villanueva