

UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# VISIÓN ARTIFICIAL

JOHN W. BRANCH

PROF. TITULAR

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE COMPUTACIÓN Y DE LA DECISIÓN

DIRECTOR DEL GRUPO GIDIA

ALBERTO M. CEBALLOS / JAIRÓ A. RODRÍGUEZ

ASISTENTE DE DOCENCIA

MONITOR

**Nota:** Este material se ha adaptado con base en el material del profesor Carlos Mera Banguero, PhD. (Instituto Tecnológico Metropolitano)

# EN LA CLASE DE HOY ...


## EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS

### Extracción de Características

 Introducción

 Forma

 Medidas Generales de Forma

 Descripción de Contornos

 Momentos Espaciales y Descriptores de Fourier

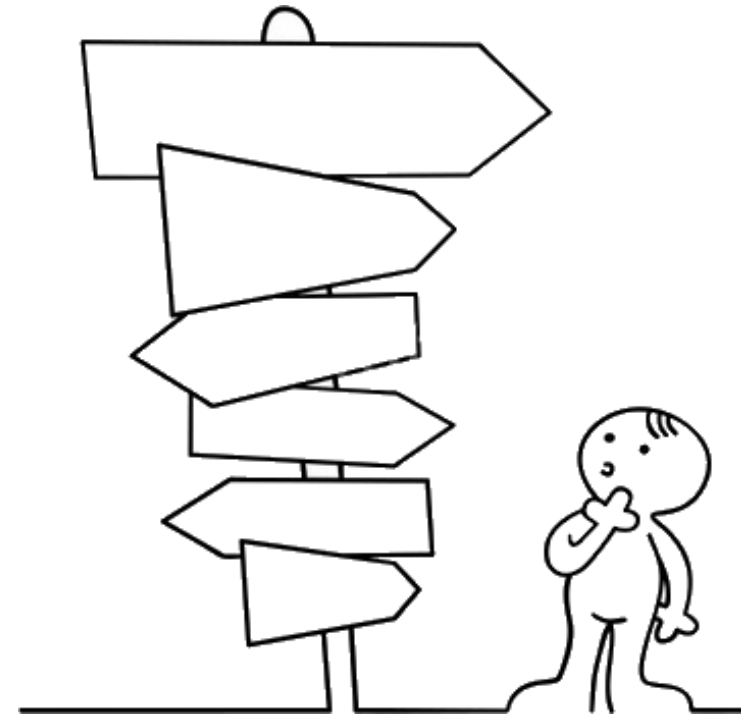
 Textura

 Análisis Estructural

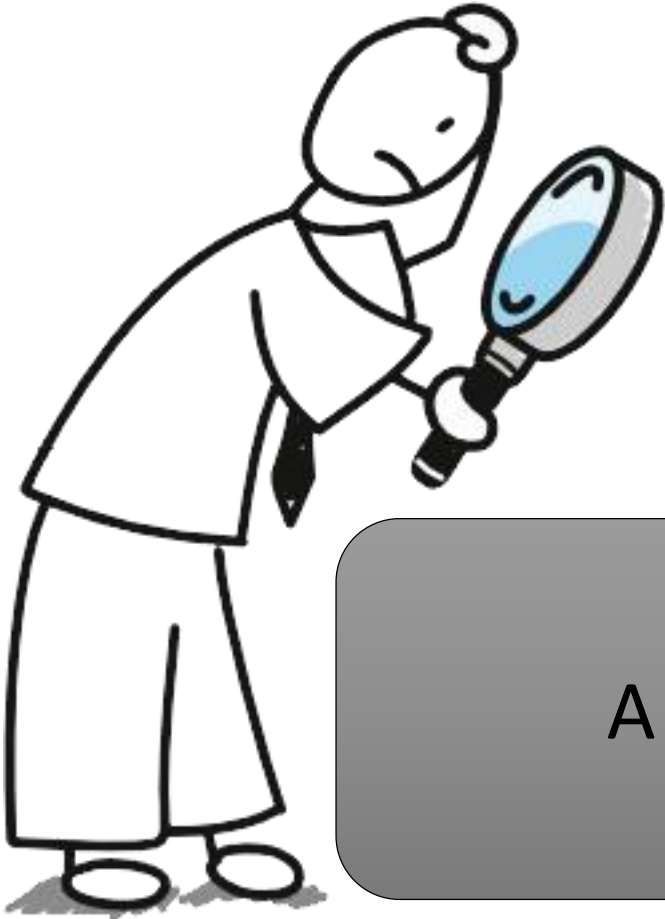
 Análisis Estadístico

 Análisis en el Dominio de Fourier

 Análisis de Componentes Principales

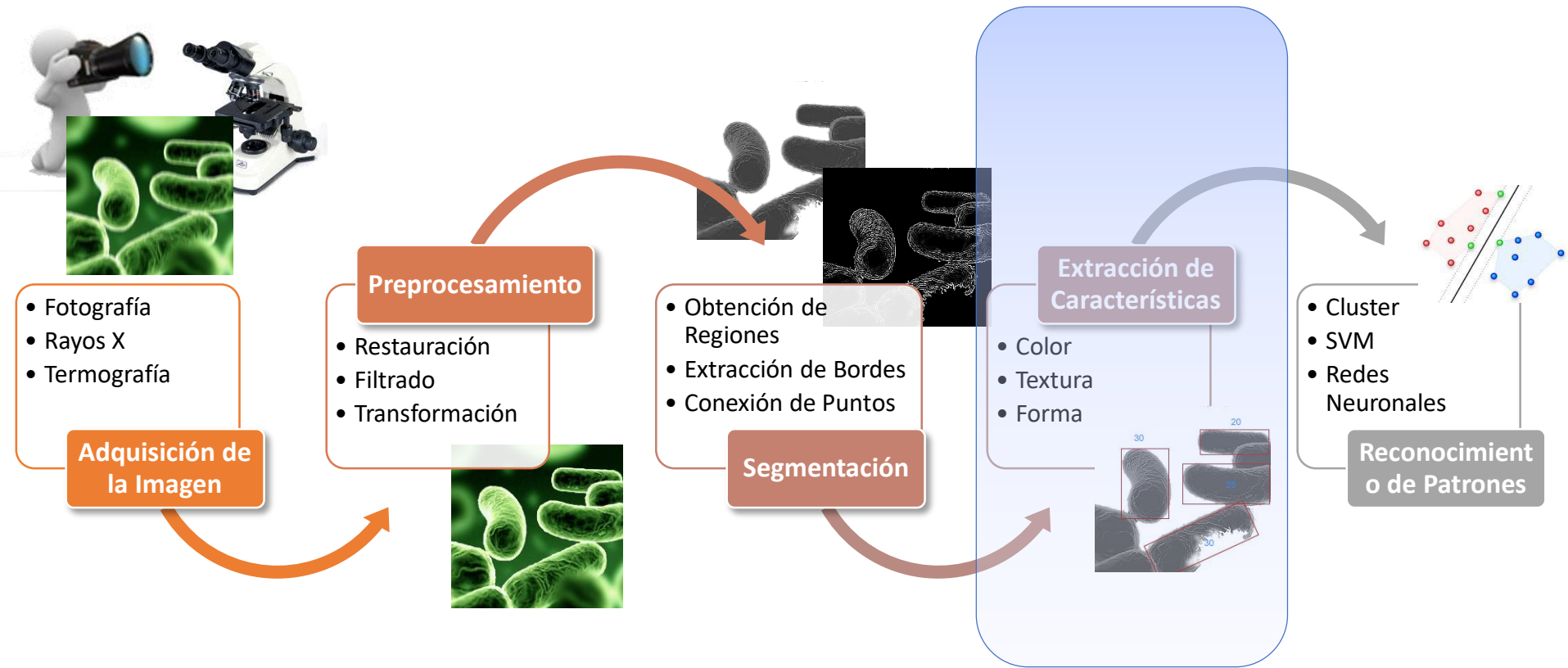


# Extracción de Características



A MODO DE RESUMEN ...

# ETAPAS DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL



# EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS

## INTRODUCCIÓN

# Extracción de Características

## 🦋 INTRODUCCIÓN

- Para *reconocer objetos* en las imágenes es necesario encontrar **alguna forma de describirlos**. Por ejemplo, ¿Cómo le puede describir este objeto a alguien que no lo está viendo, teniendo en cuenta solo características visuales?.



- La descripción de los objetos se hace a través de **CARACTERÍSTICAS** que podemos medir de los mismo.

# Extracción de Características

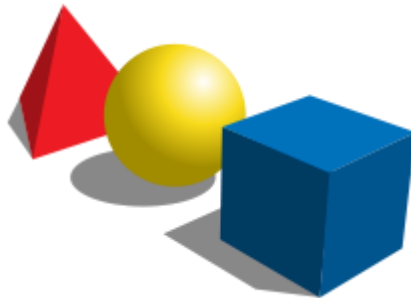
## 🦋 INTRODUCCIÓN

- 🌀 Estas **características** permiten definir *vectores de características* que se usan para describir los objetos de la imagen. Así, una característica no es más que alguna medida que se realiza sobre un objeto o la región de una imagen.
- 🌀 Algunas de las características principales extraíbles de los objetos (o de las regiones segmentadas) en una imagen, utilizadas en la etapa de reconocimiento son:

🌀 La Forma

🌀 El Color

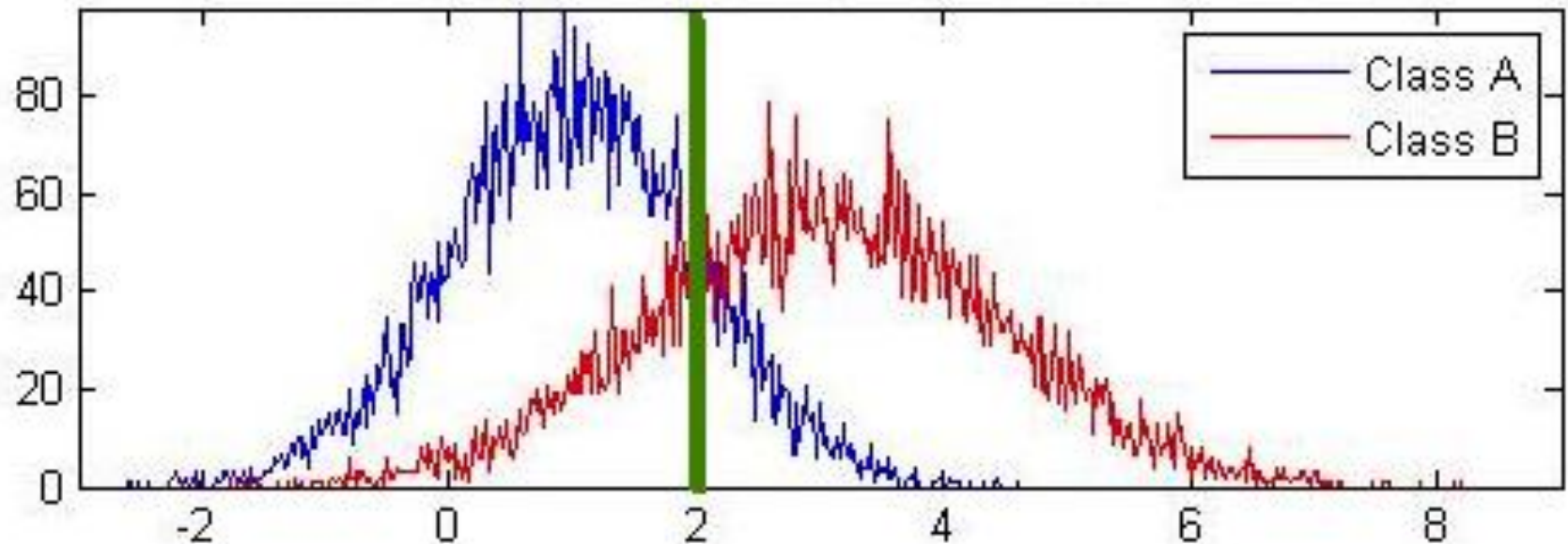
🌀 La Textura





# Extracción de Características

¿Qué hace a una característica **discriminativa**: Supongamos que queremos separar bananos de peras por su redondez. Construyamos un histograma normalizado de la redondez de las peras y de la redondez de los bananos. ¿Cómo saber si la redondez es discriminante?



# Extracción de Características

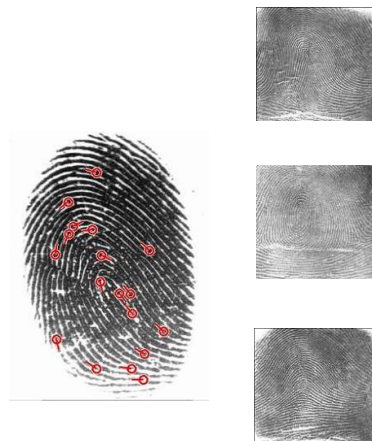
## 🦋 EJEMPLOS DE CARACTERÍSTICAS



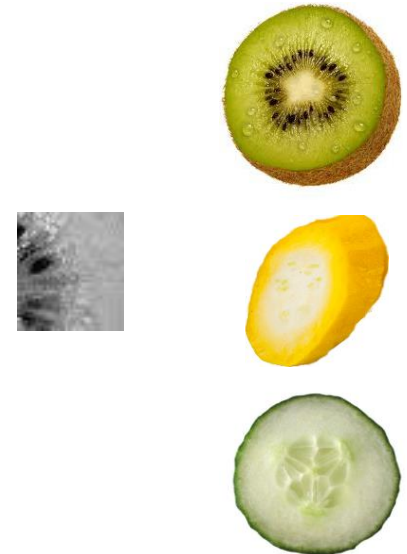
Diferencia por el Color



Diferencia por la Forma



Diferencia por Forma










Diferencia por la Textura

# Extracción de Características

## INTRODUCCIÓN

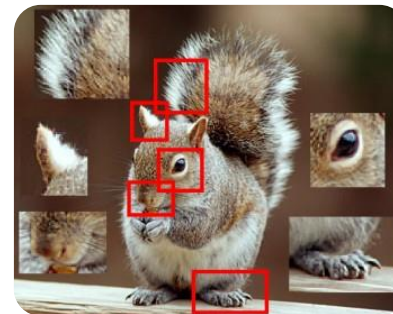
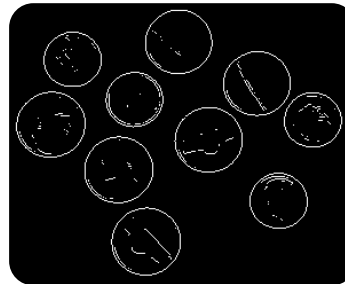
 Se espera que las **CARACTERÍSTICAS** sean:

-  **Discriminantes:** lo que significa que las características deben servir para *diferenciar* objetos de clases distintas.
-  **Robustas:** Su extracción debe ser *insensible* al ruido de captura e iluminación
-  **Invariantes a las transformaciones**, es decir, los valores de esas características deben ser independientes de:
  -  La Traslación (independencia de la posición)
  -  Rotación y escalado (independencia de la orientación y el tamaño)
  -  Transformación no lineales de deformación (perspectiva)
-  **Rapidez de cálculo:** se deben obtener en un tipo aceptable que depende de la aplicación.

# Extracción de Características

## 🦋 INTRODUCCIÓN

- 🌀 Las **características** que se pueden obtener en un objeto pueden ser clasificadas, inicialmente, en:
  - 🌀 **Globales (Holísticas)**: características que se miden con respecto a los contornos de los objetos. Estas son muy apropiadas cuando el foco principal de la diferenciación es la *forma*.
  - 🌀 **Locales**: son características que se obtienen de la información de los píxeles que engloban una región. Son apropiadas cuando el objeto principal de diferenciación son propiedades como el *color* y la *textura*.



# EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS



DESCRIPTORES  
GENERALES SOBRE LA FORMA

# Extracción de Características

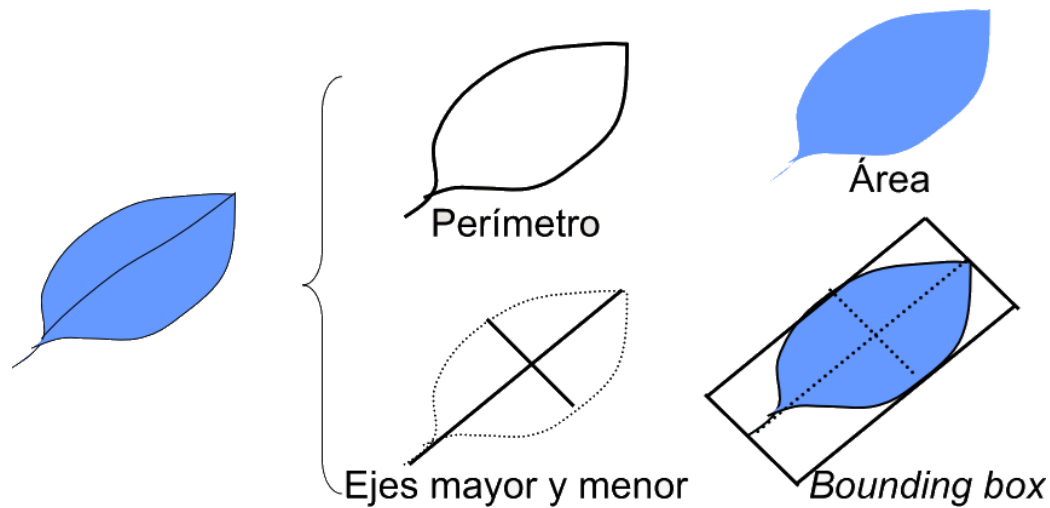
## DESCRIPTORES GENERALES DE FORMA

- Definir **la Forma** de un objeto puede resultar difícil (verbalmente o gráficamente). La forma puede considerarse como la *figura exterior (o geometría)* de un objeto.
- Es posible describir una forma de un objeto en 2D por medio de algunas de sus propiedades:
  - Área
  - Perímetro
  - Diámetro
  - Distancias: máxima y mínima al centro de masas, media al contorno,...
  - Ejes mayor y menor, ángulo del eje mayor
  - Envolvente (bounding box)
  - Número de agujeros
  - Ratios: redondez,  $\text{areaAgujeros}/\text{areaTotal}$ , ...

# Extracción de Características

## 🦋 DESCRIPTORES GENERALES DE FORMA

🌀 Gráficamente, algunas de estas características se ven así:



Sin Embargo, ¿Cómo se calculan? y ¿a Partir de qué tipo de imágenes se calculan?

# Extracción de Características

## 🦋 DESCRIPTORES GENERALES DE FORMA

🕒 El **Perímetro** se pueden definir con base en los *contornos* de los objetos:

🌀 Se calcula como el número de píxeles que forman el contorno de la forma, por lo que el resultado varía con el tipo de conectividad que se usa.

### 🌀 Procedimiento:

- ✓ Se obtiene el contorno binarizando del objeto
- ✓ Se cuentan cuantos píxeles hacen parte del objeto.





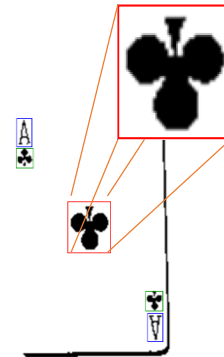
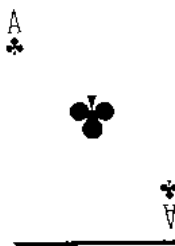
# Extracción de Características

## 🦋 DESCRIPTORES GENERALES DE FORMA

- 🌀 El **Área** se puede calcular a partir de los *contornos* de los objetos o a partir de la segmentación en regiones de los mismos (el segundo caso es más útil).

### 🌀 Procedimiento:

- ✓ Se segmenta la imagen, se obtiene el objeto
- ✓ Se calcula el número de píxeles del objeto

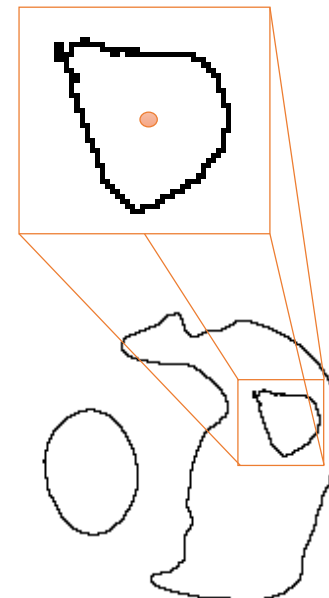


# Extracción de Características

## 🦋 DESCRIPTORES GENERALES DE FORMA

- 🌀 El **Centroide o Centro de Masa** se calcula como el promedio de los valores de las coordenadas de los puntos del contorno del objeto.

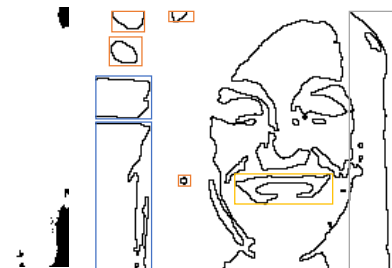
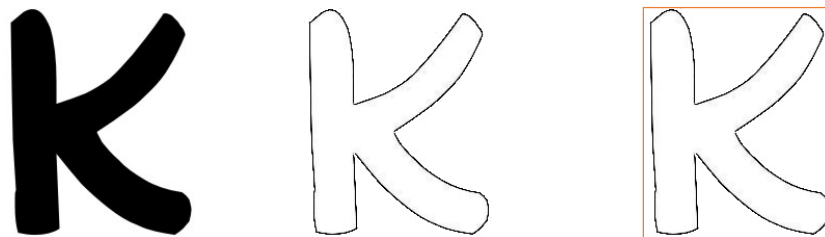
$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N}$$



# Extracción de Características

## 🦋 DESCRIPTORES GENERALES DE FORMA

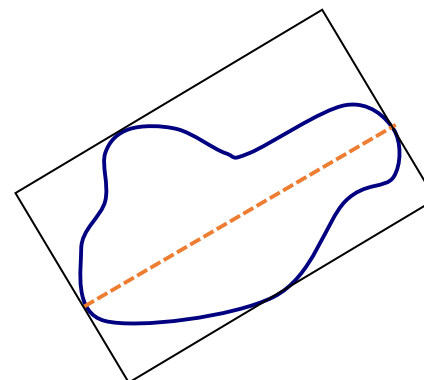
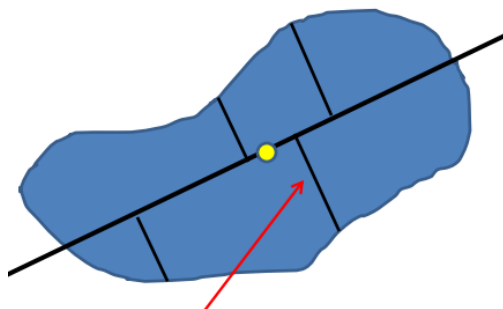
- 🌀 La **Caja de Feret** o *rectángulo envolvente* es el aquel que se obtiene con las coordenadas  $(x_{\min}, y_{\min})$  y  $(x_{\max}, y_{\max})$



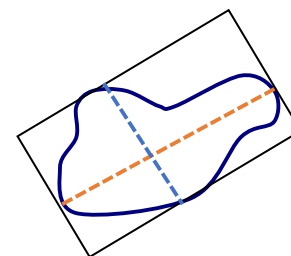
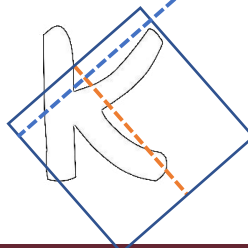
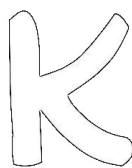
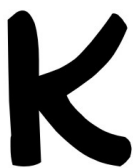
# Extracción de Características

## 🦋 DESCRIPTORES GENERALES DE FORMA

- 🌀 El **Eje Mayor (o Diámetro)** es la *distancia* mayor entre dos puntos cualquiera de la forma, se calcula con base en los contornos.



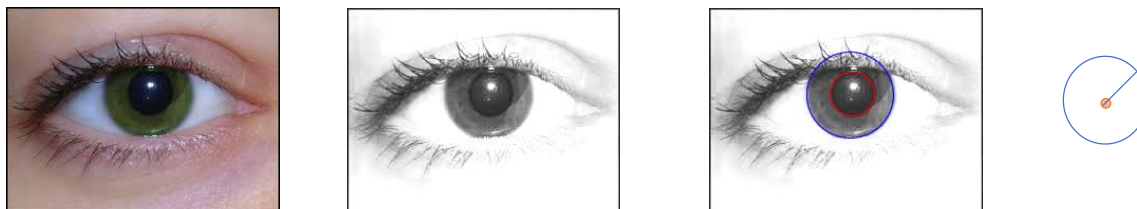
- 🌀 El **Eje Menor** tiene la característica de ser perpendicular al eje mayor. El eje menor y mayor definen los lados del MER (**Maximally Extremal Region**).



# Extracción de Características

## 🦋 DESCRIPTORES GENERALES DE FORMA

- 🌀 La **Distancia Máxima y Mínima** entre el centroide y los puntos del contorno



- 🌀 La **Distancia Media del Contorno** se define así: sea  $f$  una forma con  $N$  puntos, sea  $p$ , un punto tal que  $p \in f$ , y  $d(p, \text{contorno}(f))$  se define como la distancia mayor entre  $p$  y todos los puntos del contorno, entonces la distancia media al contorno ( $\beta$ ) se calcula como:


$$\beta = (\sum d(p, \text{contorno}(f))) / N$$

# Extracción de Características

## DESCRIPTORES GENERALES DE FORMA


 Otros descriptores de forma son los **Ratios** entre las medidas anteriores. Sean P y A, el perímetro y el área de un objeto, respectivamente. Algunos **ratios de forma** son:

 **Compacidad:**  $P^2 / A$

 **Redondez:**  $4\pi (A/P^2)$  (medida inversamente proporcional a la compacidad)

 **Relación área/perímetro:**  $A/P$

 **Rectangularidad:**  $A/\text{area(MRE)}$

 **Elongación (o Excentricidad):**  $M/N$  (siendo M el eje mayor y N el eje menor)

# Extracción de Características

## 🦋 DESCRIPTORES GENERALES DE FORMA

- 🌀 Dentro de los descriptores de forma también se habla de **descriptores topológicos**, los cuales consideran las propiedades que *no se afectan* por deformaciones y transformaciones geométricas.



# Extracción de Características

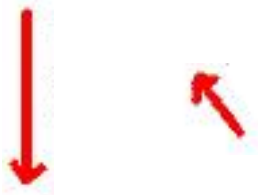
## 🦋 DESCRIPTORES GENERALES DE FORMA

- 🌀 Los **descriptores topológicos** permiten describir globalmente algunos *aspectos estructurales* (no métricas) de un objeto. Algunos descriptores de este tipo son:

- 🌀 El **número de agujeros**  $n_a$  del objeto,



- 🌀 El número de **componentes conexas**  $n_c$  (aplicado a objetos compuestos)



- 🌀 El número de Euler  $E$  que se define como:  $E = n_c - n_a$



$E=1$



$E=0$



$E=-1$






# EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS





DESCRIPTORES  
DE CONTORNOS


# Extracción de Características

## DESCRIPTORES BASADOS EN CONTORNOS

 Existen otros tipos de descriptores que no son de forma pero que **se calculan con base en los Contornos**, algunos de ellos son:

 **Los códigos de cadena:** se definen partiendo de un píxel cualquiera del contorno y encadenando la dirección en que se encuentran los puntos adyacentes del contorno mediante un convenio de seguimiento establecido. Se consigue así una cadena de símbolos que determinan unívocamente al objeto, que es invariante a traslaciones.

	1	
2		0
	3	

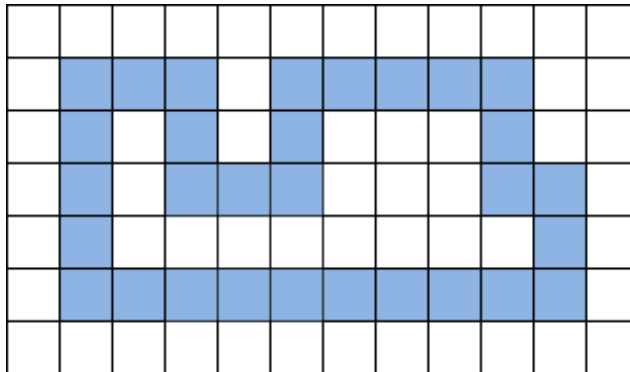
3	2	1
4		0
5	6	7

Direcciones del código de cadena usando conectividad 4 y 8, respectivamente.

# Extracción de Características

## 🦋 DESCRIPTORES BASADOS EN CONTORNOS

🌀 ¿Cuál es el código de cadena del siguiente contorno?



# Extracción de Características

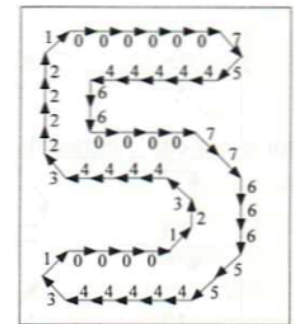
## 🦋 DESCRIPTORES BASADOS EN CONTORNOS

- 🌀 **Los Códigos de Cadena (continua):** Una característica medible en los códigos de cadena consiste en contar el número de veces que aparece cada uno de los códigos posibles y dividir por el número total de códigos de la descripción:

$$f_i = \frac{\# \text{ vece que aparece el código } i \text{ en la cadena}}{\# \text{ total de códigos de la cadena}}, i = 0, \dots, 7$$

- 🌀 También se puede determinar la distancia correspondiente a un mismo código y dividir por la distancia total (los códigos impares tienen distancia  $\sqrt{2}$ ), p.e. para el caso anterior:

- Cadena= 00000075444446600007766655444443100001234444322221
- Longitud de Cadena = 50
- $f_i = \frac{1}{50} (14, 3, 5, 3, 14, 3, 5, 3)$



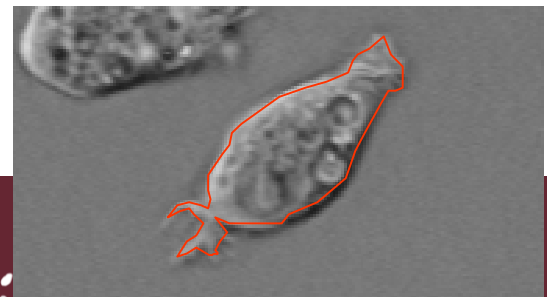
# Extracción de Características

## 🦋 DESCRIPTORES BASADOS EN CONTORNOS

- 🌀 **Conjunto de puntos característicos (Landmark Points):** el contorno se describe mediante una colección de puntos (sin orden) que se suelen calcular con detectores de esquinas como Harris-Detector o el algoritmo SIFT.



- 🌀 **Aproximación mediante curvas:** un conjunto de primitivas geométricas se ajustan al contorno. Algunos ejemplos son: aproximaciones poligonales, arcos circulares y elípticos, B-splines, entre otros.



# EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS

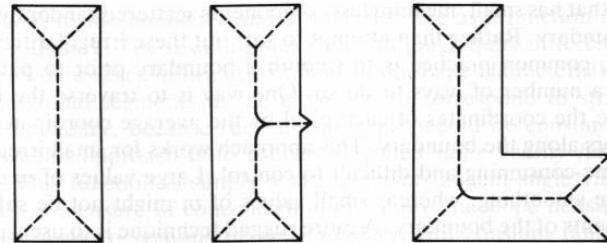


DESCRIPTORES  
DE REGIONES

# Extracción de Características

## 🦋 DESCRIPTORES BASADOS EN REGIONES

- 🌀 Existen otros descriptores que se calculan con respecto a la región del objeto, el más significativo de esto descriptores es el esqueleto de la región, el cual permite reducir una forma a un grafo. Esta estructura se obtiene mediante un “adelgazamiento” (thinning) de la forma.
- 🌀 Un método sencillo para obtener el esqueleto de una forma  $R$  con contorno  $C$  es como sigue:
  - 1- Para cada punto  $p \in R$ , se busca su vecino más cercano en  $C$ ,
  - 2- Si  $p$  tiene más de un vecino en  $C$  se dice que pertenece al esqueleto (o eje central) de  $R$ .



Un método alternativo es utilizar la transformada del eje medio (consultar)


# Extracción de Características

## DESCRIPTORES BASADOS EN REGIONES

- Un descriptor de regiones bastante usado es de los **Momentos Espaciales** los cuales son *medidas estadísticas* que se calculan con base en los puntos interiores de la región.

Para una función  $f(x,y)$  continua en 2D, se define el momento de orden  $(p+q)$  como:

Función característica (1 ó 0)


$$m_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^p y^q f(x, y) dx dy$$

En una imagen esta formula se simplifica a la forma:  $m_{pq} = \sum_x \sum_y x^p y^q I(x, y)$


De tal forma que el **momento central** de orden  $(p+q)$  de una imagen es:

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q I(x, y)$$




# Extracción de Características


## DESCRIPTORES BASADOS EN REGIONES

-  **Momento Espacial de Orden Cero:** Es la suma de los valores de brillo de los píxeles del objeto. Corresponde al área del objeto en imágenes binarias.

$$m_{00} = \sum_x \sum_y I(x, y)$$

-  **Momentos Espaciales de Orden Uno:** Corresponden a las sumas en las direcciones x e y, respectivamente, de los valores de brillo de los píxeles del objeto, cada una de ellas multiplicada por su respectivo valor de coordenada x o y en la imagen.

$$m_{10} = \sum_x \sum_y xI(x, y) \qquad m_{01} = \sum_x \sum_y yI(x, y)$$

-  El **Centro de Masas** de un objeto se calcula:
- $$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}} \qquad \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

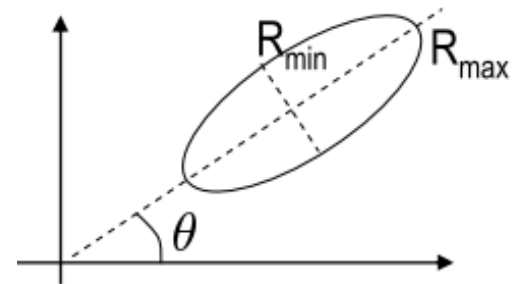
# Extracción de Características

## 🦋 DESCRIPTORES BASADOS EN REGIONES

- 🌀 Con los **Momentos Espaciales** se pueden definir dos características que suelen proporcionar una capacidad discriminadora notoria entre las regiones:

### 🌀 Orientación:

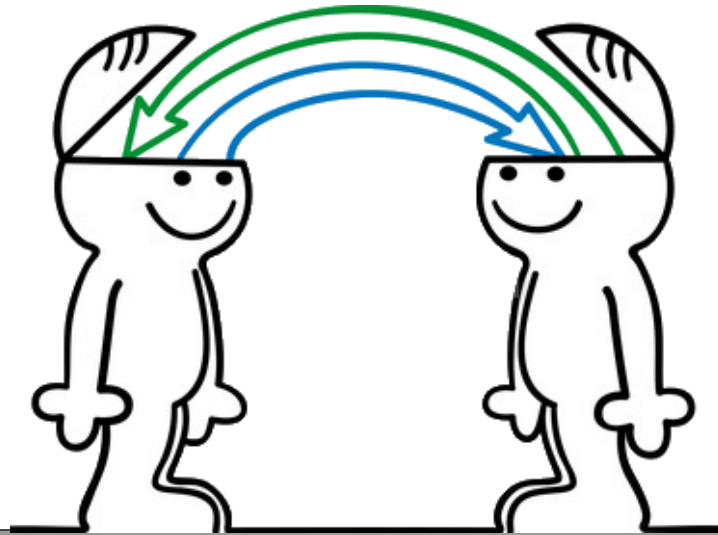
$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left[ \frac{2m_{11}}{m_{20} - m_{02}} \right]$$



### 🌀 Excentricidad: $\epsilon = 0$ si recta es, $\epsilon = 1$ si es círculo

$$\epsilon = \frac{(m_{20} - m_{02})^2 + 4m_{11}}{m_{00}}$$

# EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS



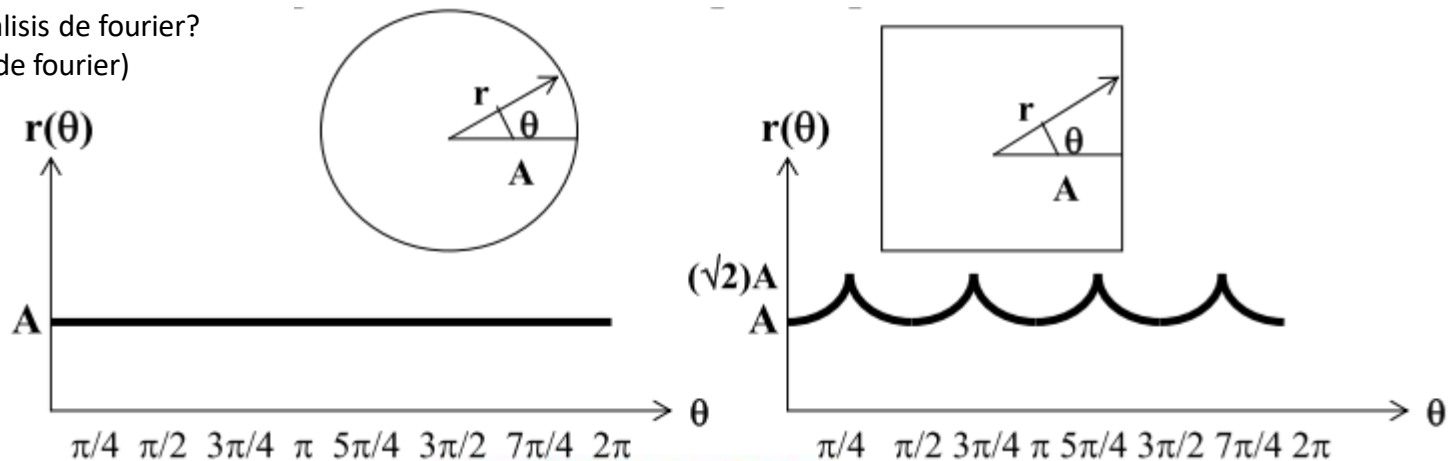
DESCRIPTORES  
EN DOMINIOS TRANSFORMADOS

# Extracción de Características

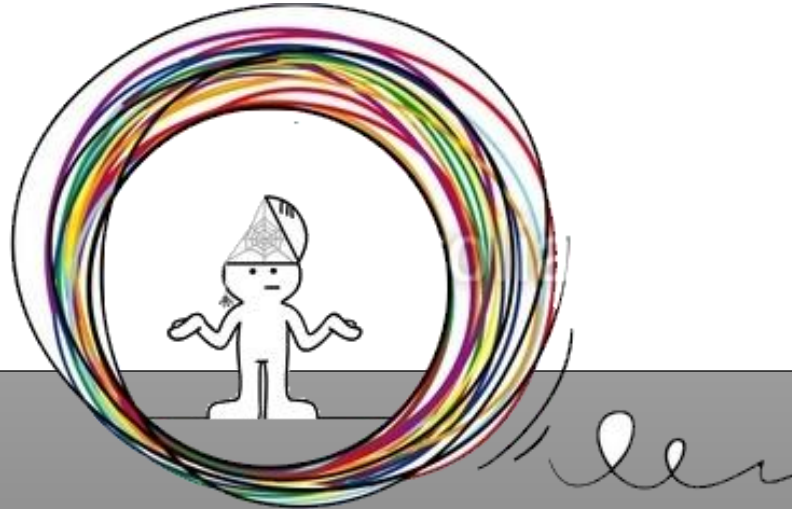
## 🦋 DESCRIPTORES BASADOS EN DOMINIOS TRANSFORMADOS

- 🌀 Una **firma (signature)** es una representación funcional **1D** de un contorno. Existen diversos métodos de generación de firmas; uno de los más simples es dibujar la distancia del centroide del objeto al contorno en función del ángulo.
- 🌀 Las firmas son invariantes a traslaciones pero dependientes de rotaciones y escalados (pero se puede normalizar para que resulte invariante ante estas transformaciones).

¿Que tal si hacemos análisis de fourier?  
(consultar descriptores de fourier)



# EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS

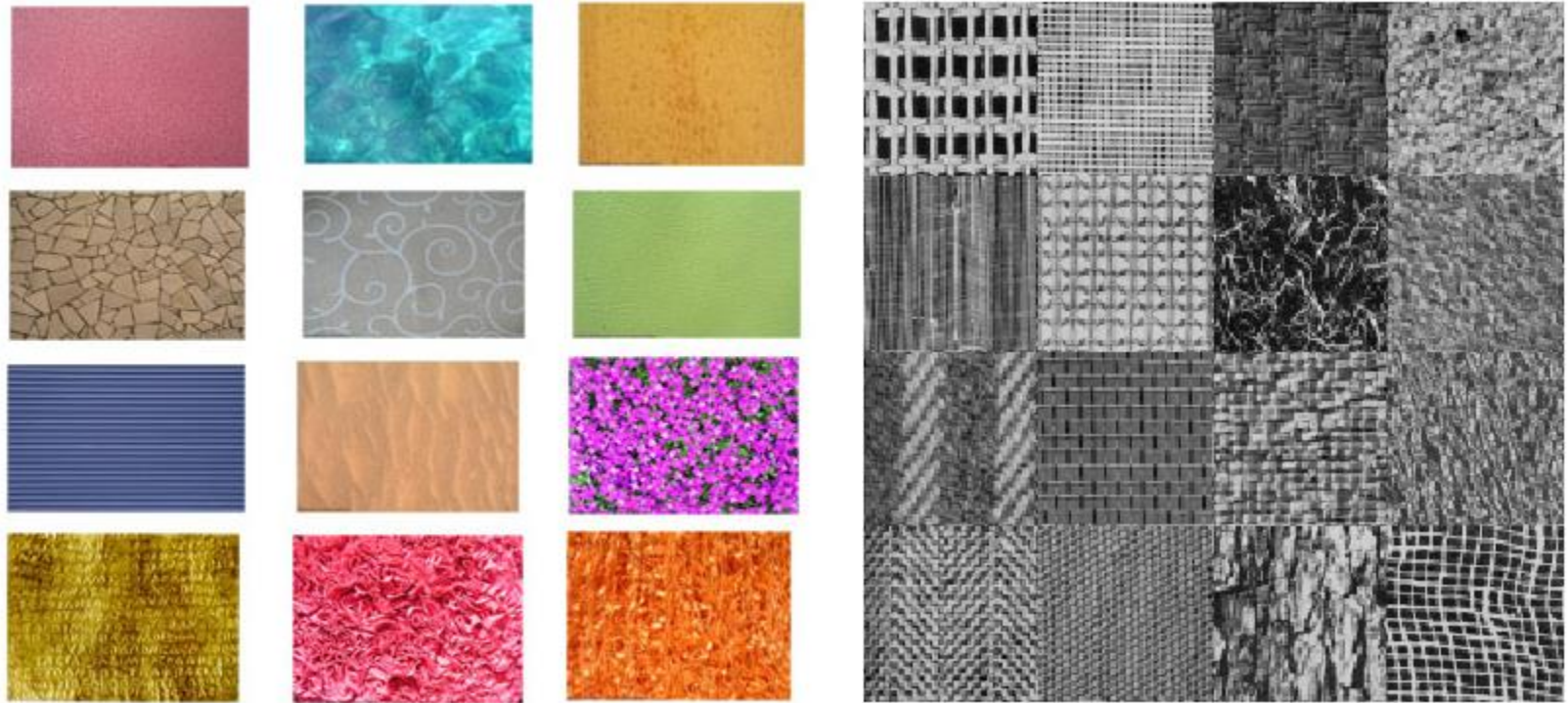


## DESCRIPTORES BASADOS EN TEXTURAS

# Extracción de Características

## 🦋 TEXTURAS - INTRODUCCIÓN

- 🌀 Ciertos materiales presentan un aspecto homogéneo con patrones visuales repetitivos.

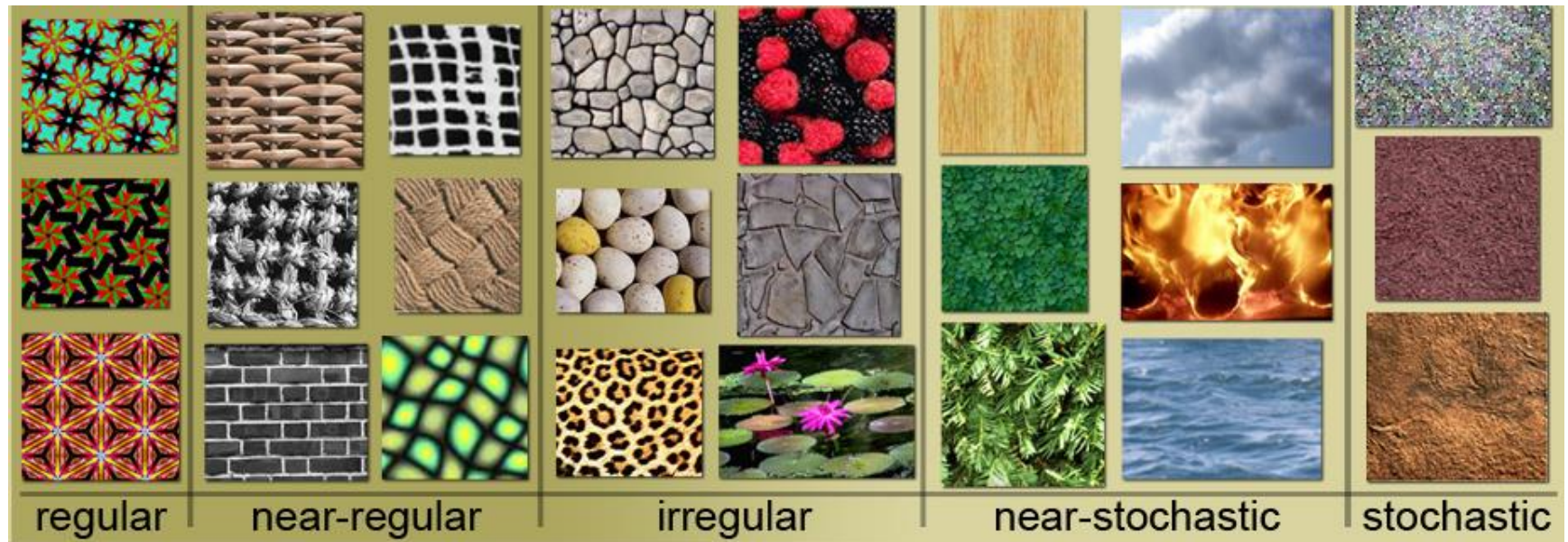




# Extracción de Características

## 🦋 TEXTURAS - INTRODUCCIÓN

- Las **Texturas** ofrecen información sobre la **ordenación espacial** de los niveles de gris (o de los colores) en una imagen:



# Extracción de Características

## ANÁLISIS DE TEXTURAS - Estadísticos de Primer Orden:

La Media

Estimación del nivel de gris de la textura

$$\mu = \sum_{i=1}^n i h(i)$$

Desviación específica

Media de la dispersión respecto de la media

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n (i - \mu)^2 h(i)$$

El tercer momento o Skewness

Que es una medida de la asimetría del histograma

$$\mu_3 = \frac{1}{\sigma^3} \sum_{i=1}^n (i - \mu)^3 h(i)$$

Kurtosis o apuntamiento

Que indica como se reparte el histograma entre la parte central y los extremos

$$\mu_4 = \frac{1}{\sigma^4} \sum_{i=1}^n (i - \mu)^4 h(i)$$

Entropía

Que mide la uniformidad del histograma

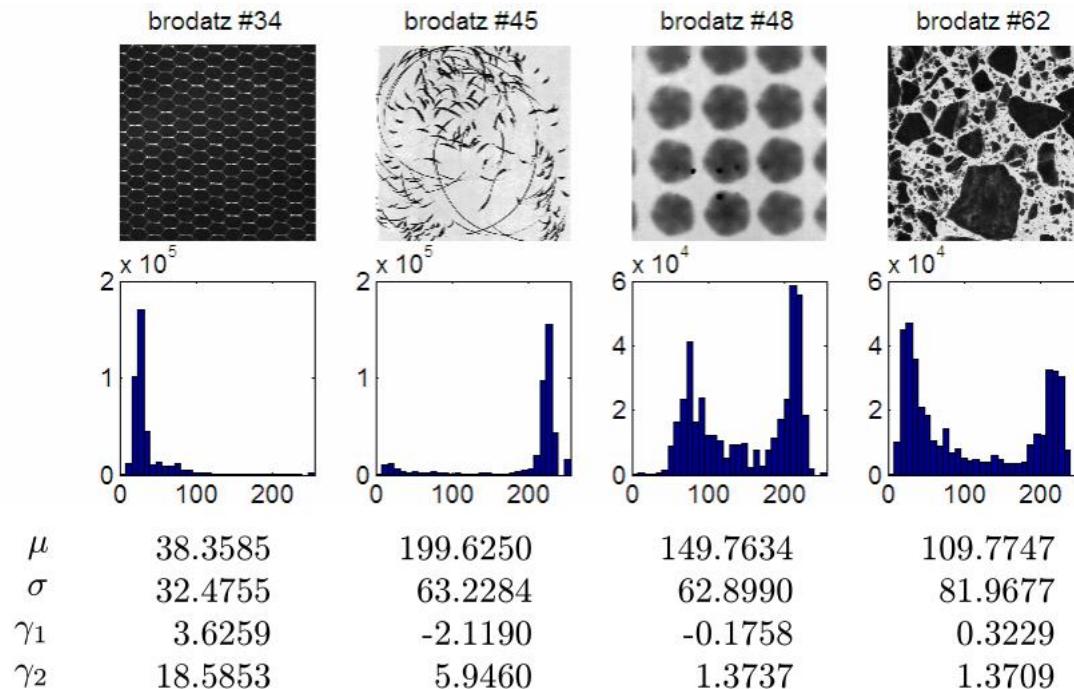
$$-\sum_{i=1}^n h(i) \log h(i)$$



# Extracción de Características

## ANÁLISIS DE TEXTURAS

### Estadísticos de Primer Orden - Ejemplo:



#### Asimetría ( $\gamma_1$ o $\mu_3$ ):

0 Distribución simétrica  
 $>0$  Desplazado a la izquierda  
 $<0$  Desplazado a la derecha

#### Kurtosis ( $\gamma_2$ o $\mu_4$ ):

3 Distribución normal  
 $>3$  Más alta/esbelta que la nor.  
 $<3$  Más aplanada que la normal

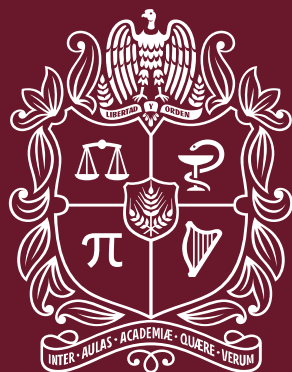
# Extracción de Características



EJEMPLO DE LAS MANDARINAS Y LAS  
NARANJAS (DOMINGO MERY)

# Preguntas





UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA