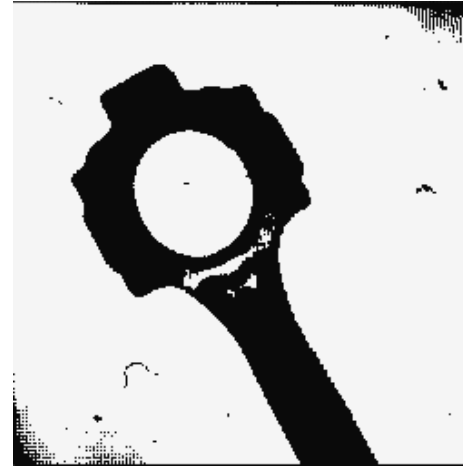
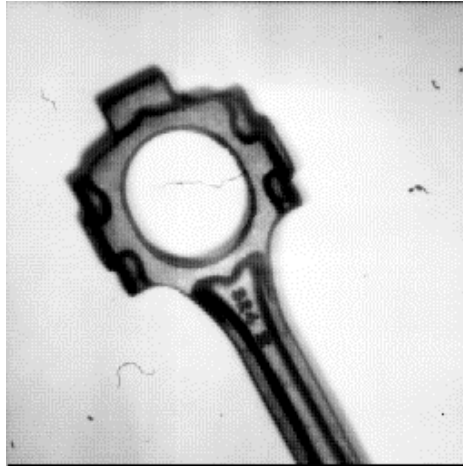


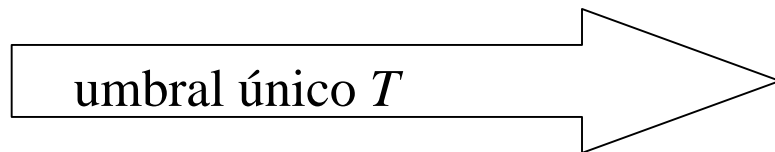
Imágenes Binarias



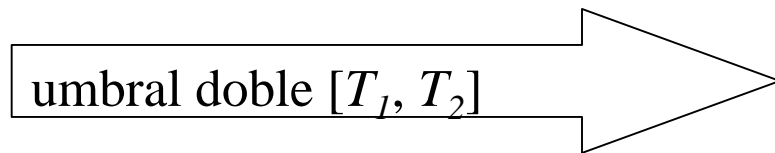
- Cada pixel blanco o negro
- Capacidad semántica. Identifica el objeto
- Localiza el objeto
- Ventajas:
 - Algoritmos eficientes
 - Almacenamiento eficiente
- Ejemplos de aplicación:
 - Piezas industriales planas
 - Reconocimiento caracteres

Umbralización

- Adquisición imágenes (256) niveles
¿Como pasar a imágenes binarias?
- Convenciones
 - $I(i,j)$: imagen nivel gris
 - 1: pixel objeto (objetos negros)
 - 0: pixel fondo (fondo blanco)



$$\begin{cases} 1, & I(i, j) \leq T \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$$



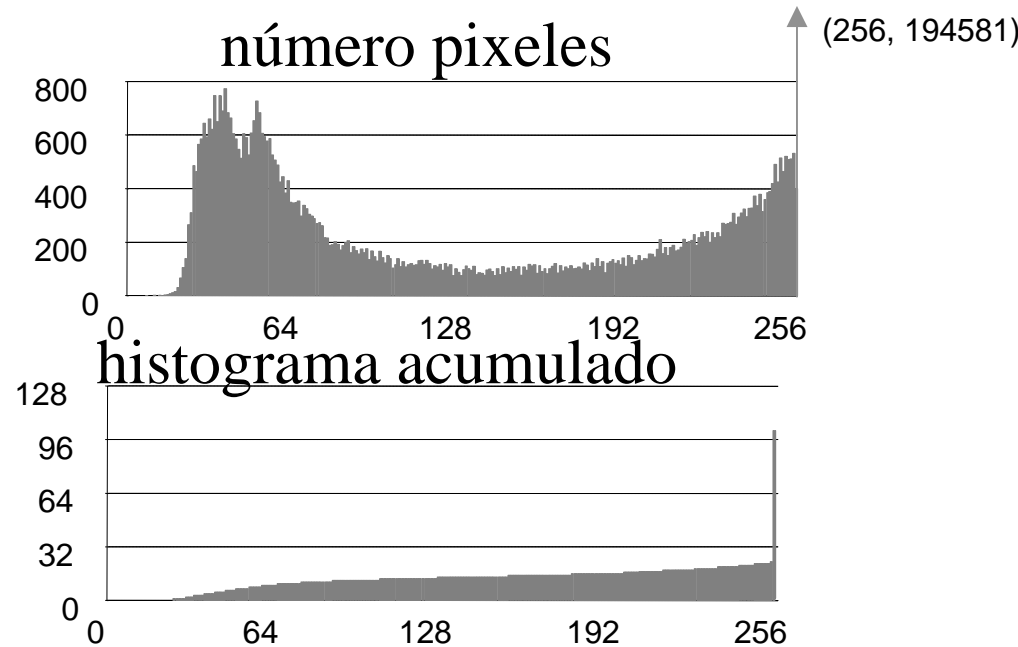
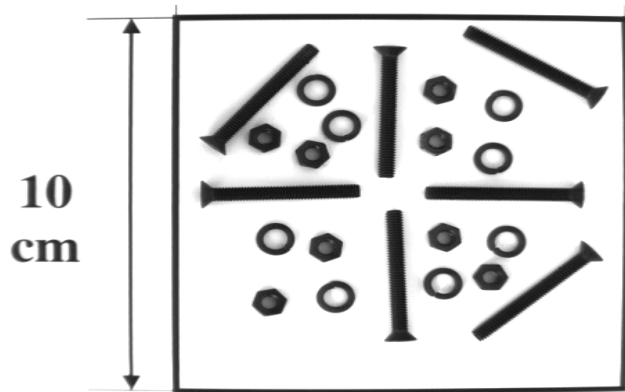
$$\begin{cases} 1, & T_1 \leq I(i, j) \leq T_2 \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Cálculo de umbrales

- Cálculo manual: valor prefijado
 - Iluminación controlada
 - Fondo constante
 - Contraste entre objeto y fondo
- Cálculo automatizado
 - Robustez
 - Necesario conocimiento previo
 - » Luminosidad objetos
 - » Tamaño objetos
 - » Fracción imagen ocupada
 - » Número objetos presente

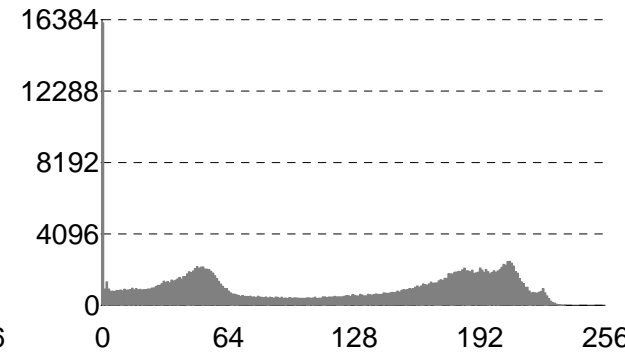
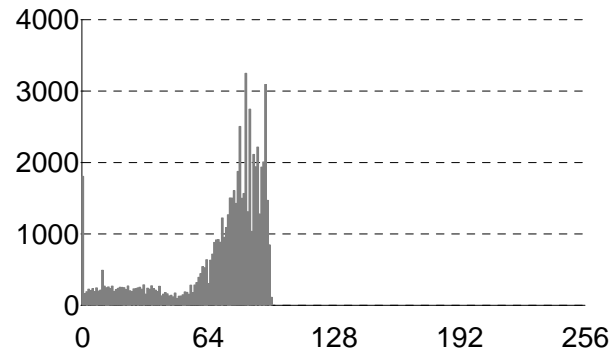
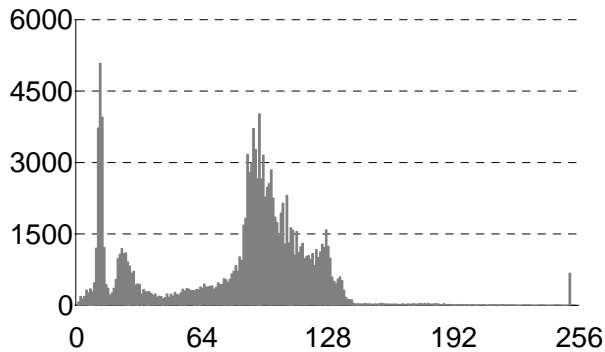
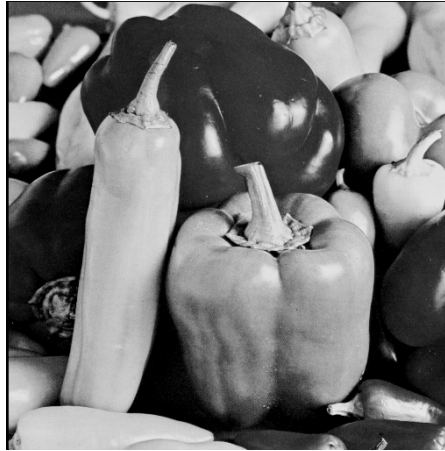
Histograma

- Vector de frecuencias de cada nivel de gris



Ejemplos histogramas

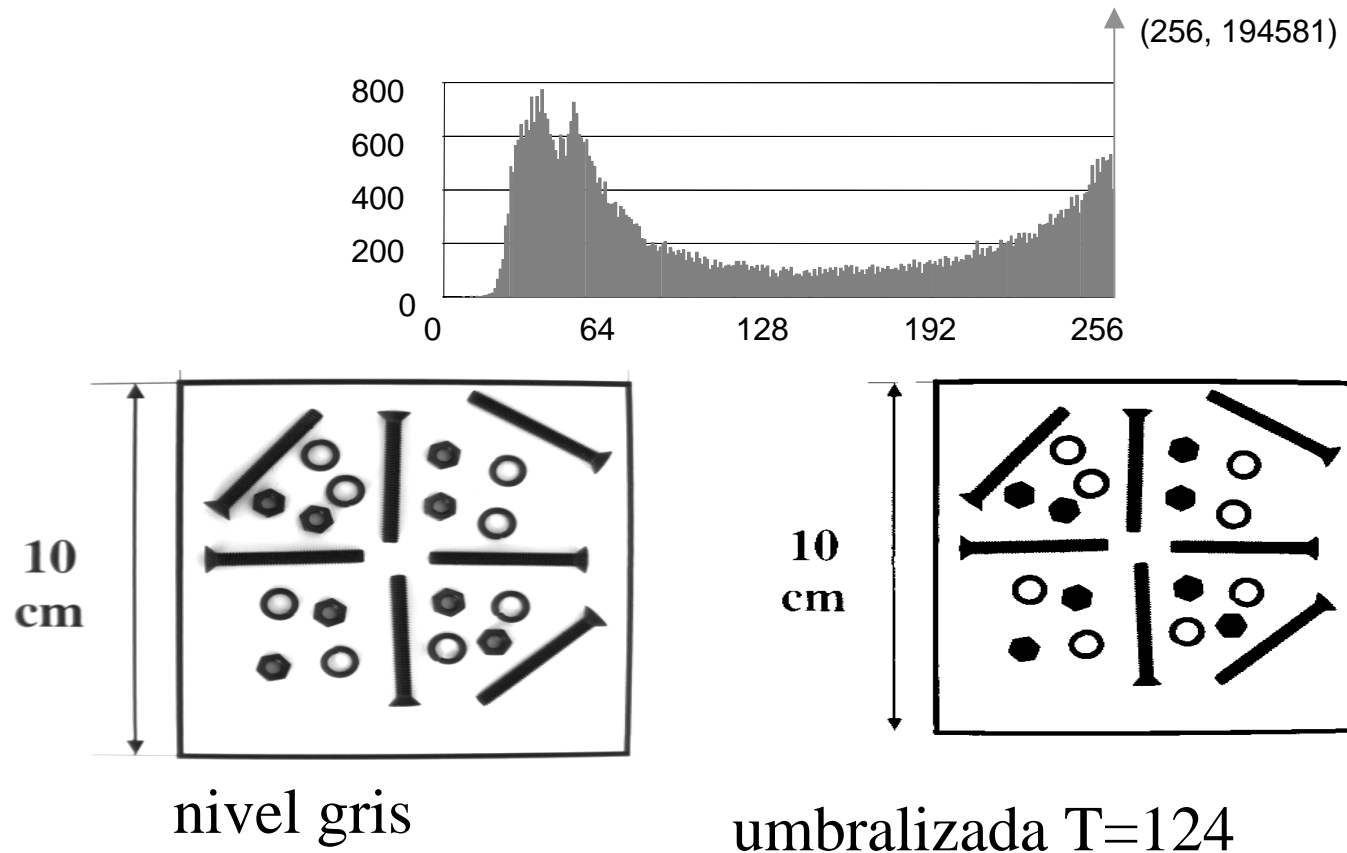
¿correspondencia histograma imagen?



Método binormal

Algoritmo

1. Encontrar la cima más alta (255,194581)
2. Encontrar la segunda cima más alta, evitando valores cercanos (37,774)
3. El valle es el punto más bajo entre ambos (124,75)



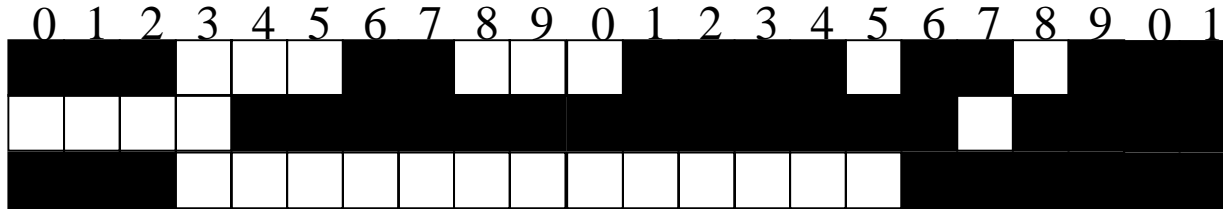
Método adaptativo

- Iluminación no uniforme
- Dividir la imagen en subimágenes que se umbralizan por separado

Ideas importantes

- La iluminación posterior uniforme favorece la umbralización
- Las técnicas que sólo usan el histograma desprecian mucha información: posición de los pixels
- Sólo permites distinguir escenas simples

Compactación run-length code



- posición del primer uno y número de unos que le siguen

fila 1: (0,3) (6,2) (11,4) (16,2) (19,3)

fila 2:

fila 3:

- longitud de los segmento de ceros o unos, comenzando con un segmento de unos

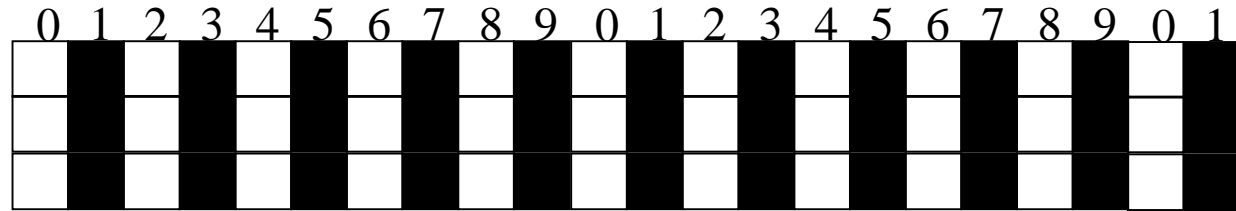
fila 1: 3,3,2,3,4,1,2,1,3

fila 2:

fila 3:

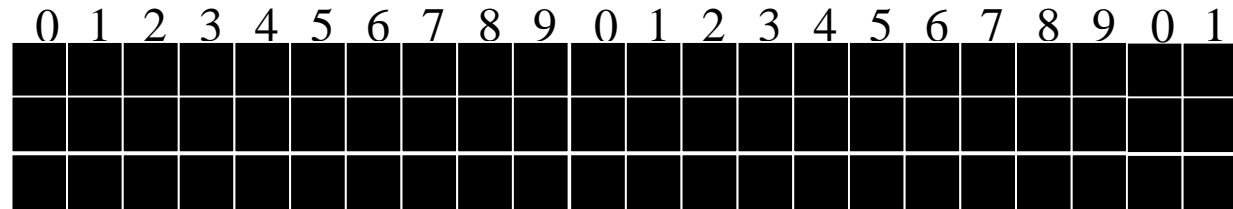
Mejor y peor caso run-length code

- peor caso



```
01111111111111111111111111111111
01111111111111111111111111111111
01111111111111111111111111111111
```

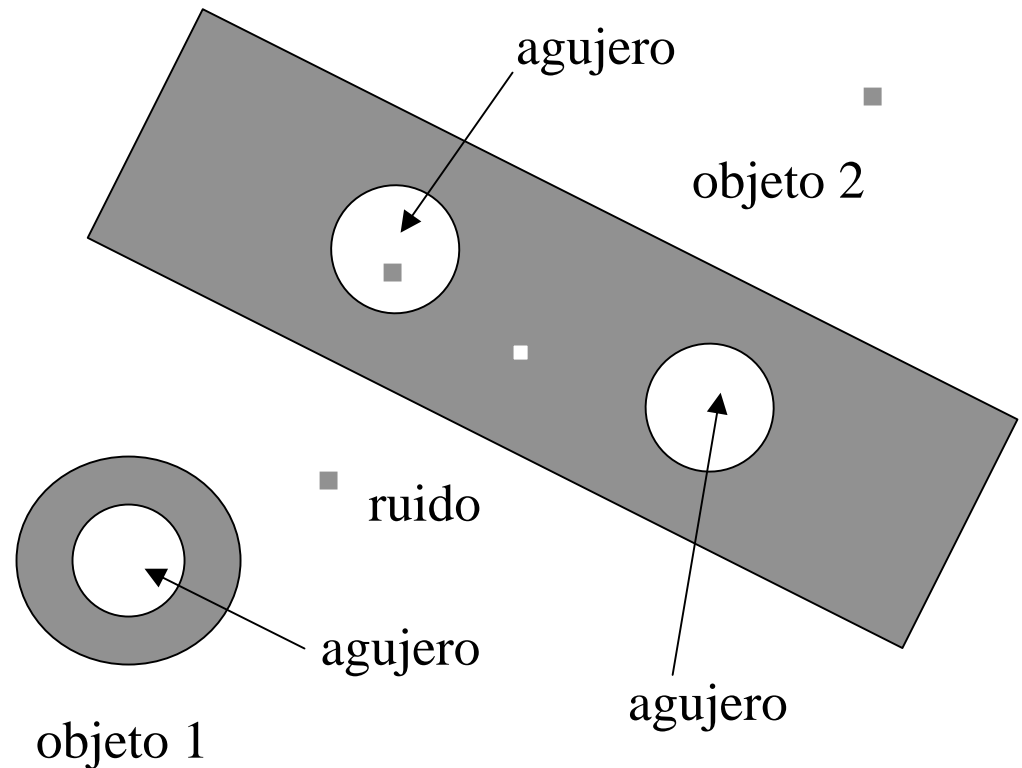
- mejor caso



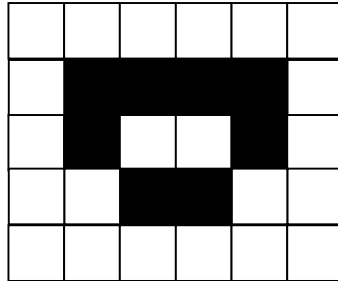
```
22
22
22
```

Análisis de conectividad

- Objetivo: separar los objetos de la escena
 - identificar pixeles cada objeto
 - identificar pixeles fondo
 - identificar agujeros

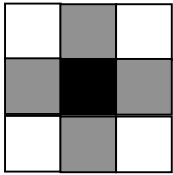


Vecindad

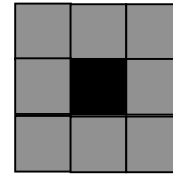


¿cuántos objetos?
¿agujeros?
¿fondo?

- definiciones vecindad

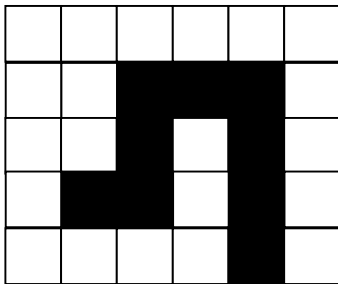


4-vecinos

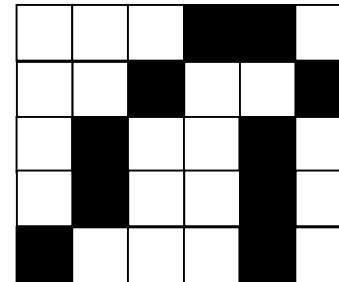


8-vecinos

- definición camino: secuencia pixeles, tal que uno es vecino del siguiente



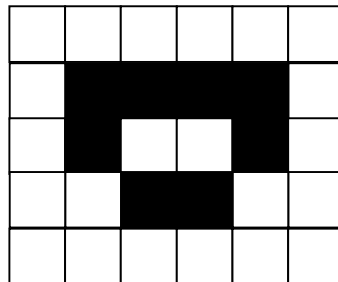
camino 4-vecinos



camino 8-vecinos

Definiciones

- objeto(foreground): conjunto 1-pixeles (S)
- conectividad: Dos pixeles $p, q \in S$ están conectados si hay un camino $\subset S$ que los une. Define una relación de equivalencia
- componente conexa (blob): conjunto pixeles mutuamente conectados
- fondo (background): conjunto componentes conexas del complemento S (\bar{S}) que tiene puntos en el borde imagen
- agujero: conjunto componentes conexas del complemento S (\bar{S}) que no tiene puntos en el borde imagen



una vecindad para el fondo
y otra para el objeto

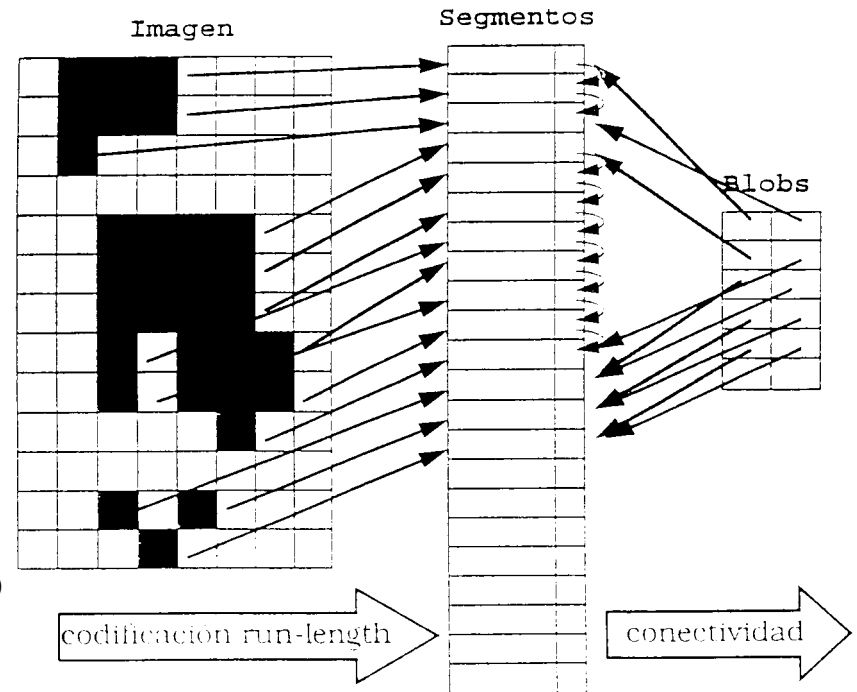
Conectividad en una pasada

- identificación de las componentes conexas de la imagen
 - cuello de botella en los sistemas de visión
- puede trabajarse directamente con la codificación RLC de la imagen
 - analiza filas 2 en 2
 - si un blob no actualizado en fila no se vuelve a analizar
 - todos los casos se reducen a 3:



Conectividad

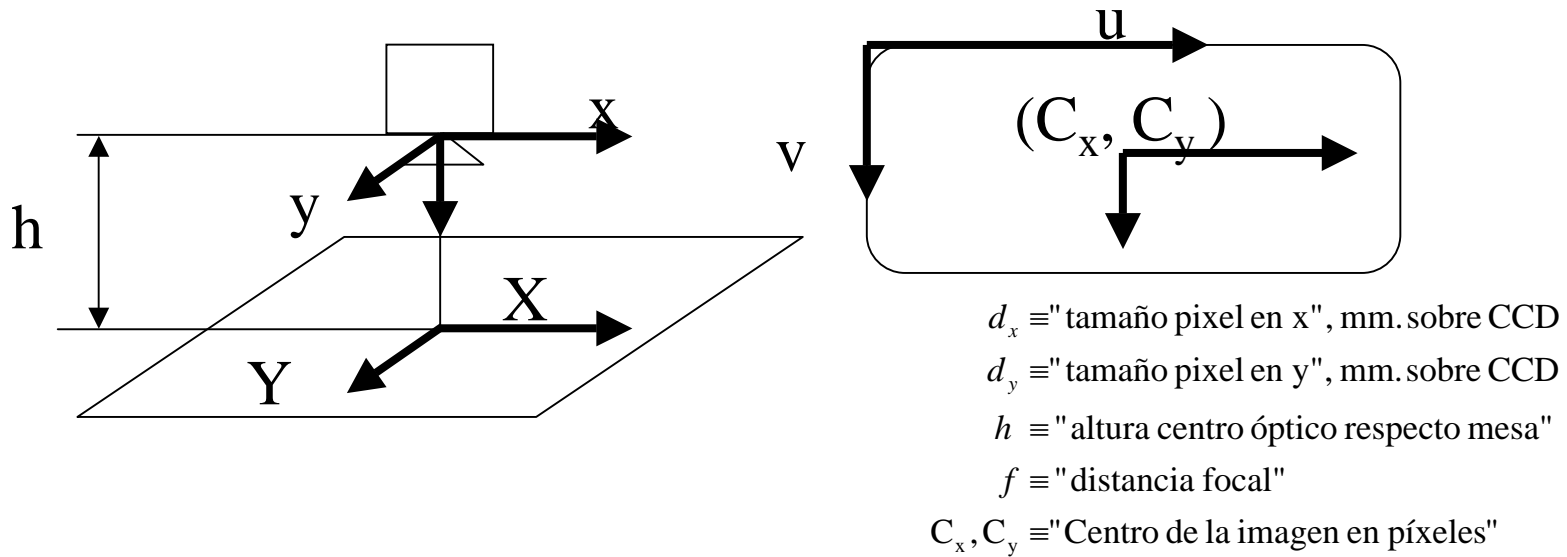
- segmentos (run-length-code)
 - fila
 - columna
 - longitud
- blobs
 - primer segmento
 - último segmento
- conectividad
 - enlazado segmentos blob
 - asignación primer segmento blob



Cálculo de descriptores

- Objetos caracterizados por su silueta
- Descriptores: valores que permiten reconocer y localizar las siluetas
 - independientes de la posición y orientación
 - a veces, también de la escala
- Aplicaciones
 - Entornos industriales
 - Objetos conocidos a priori
 - Número limitado de objetos
 - medida áreas

cámara frontal y paralela



¿ coordenadas pixélicas, u, v función de coordenadas espacio X, Y ?

Momentos de imagen

$$m_{pq} = \sum_{\text{blob}} x^p y^q$$

$$\text{orden } 0: m_{00} = \sum 1$$

$$\text{orden } 1: m_{10} = \sum x, m_{01} = \sum y$$

$$\text{orden } 2: m_{20} = \sum x^2, m_{11} = \sum xy, m_{02} = \sum y^2$$

- Caracterizan de forma única un objeto
- Convertir en invariantes a traslación y rotación
- Calibración: relación mesa-imagen

$$\text{Area} = S_x S_y m_{00}$$

momentos centrados

- centroide, localiza el objeto

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{\sum 1} = \frac{m_{10}}{m_{00}}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{\sum 1} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

¿localización sobre la mesa?

- **momentos centrados**, invariantes a traslaciones

$$\mu_{pq} = \sum (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q$$

$$\mu_{00} = m_{00}$$

$$\mu_{10} = \mu_{01} = 0$$

$$\mu_{20} = m_{20} - \mu_{00} \bar{x}^2$$

$$\mu_{11} = m_{11} - \mu_{00} \bar{x} \bar{y}$$

$$\mu_{02} = m_{02} - \mu_{00} \bar{y}^2$$

Momentos invariantes

- Momentos normalizados, invariantes a cambios de escala:

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{m_{00}^\gamma} \quad \gamma = \frac{p+q}{2} + 1$$

- Momentos invariantes ante traslación y rotación:

Siete momentos invariantes:

$$\begin{aligned} \phi(0) &= \mu_{00} \\ \phi(1) &= \mu_{20} + \mu_{02} \\ \phi(2) &= (\mu_{20} - \mu_{02})^2 + 4\mu_{11} \\ \phi(3) &= (\mu_{30} - 3\mu_{12})^2 + (3\mu_{21} - \mu_{03})^2 \\ \phi(4) &= (\mu_{30} + \mu_{12})^2 + (\mu_{21} + \mu_{03})^2 \\ \phi(5) &= (\mu_{30} - 3\mu_{12})(\mu_{30} + \mu_{12}) [(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - 3(\mu_{21} + \mu_{03})^2] \\ &\quad + (3\mu_{21} - \mu_{03})(\mu_{21} + \mu_{03}) [3(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{21} + \mu_{03})^2] \\ \phi(6) &= (\mu_{20} - \mu_{02}) [(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{21} + \mu_{03})^2] \\ &\quad + 4\mu_{11}(\mu_{30} + \mu_{12})(\mu_{21} + \mu_{03}) \end{aligned}$$

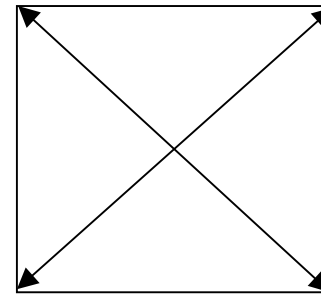
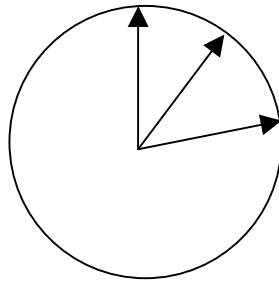
Para distinguir objetos de su reflejo:

$$\begin{aligned} \phi(7) &= (3\mu_{21} - \mu_{03})(\mu_{30} + \mu_{12}) [(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - 3(\mu_{21} + \mu_{03})^2] \\ &\quad - (\mu_{30} - 3\mu_{12})(\mu_{21} + \mu_{03}) [3(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{21} + \mu_{03})^2] \end{aligned}$$

para hacerlos invariantes a escala, usar η en lugar de μ

Orientación

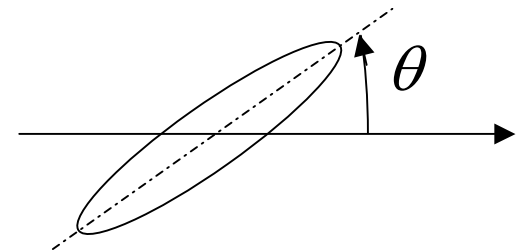
- Concepto difícil de definir:
 - Los objetos simétricos tienen varias orientaciones equivalentes
 - Los círculos, infinitas
 - Eje de mínima inercia indefinido en objetos simétricos



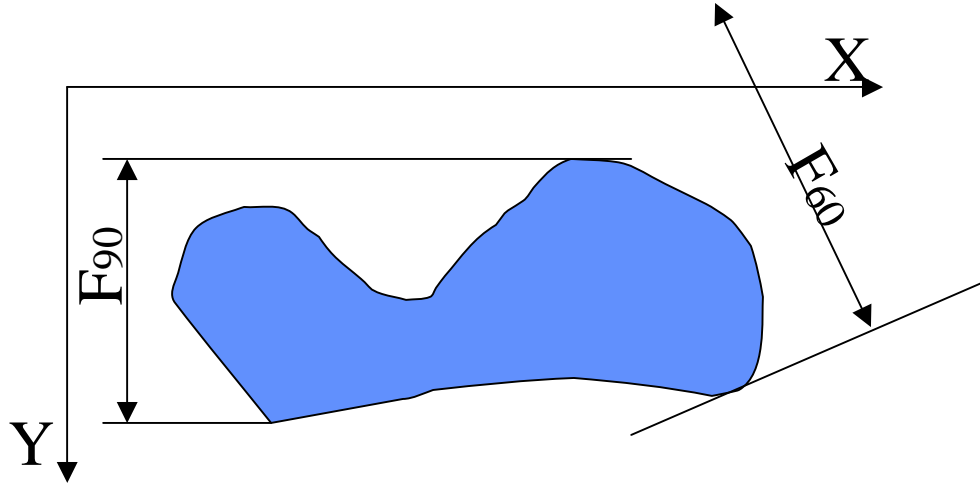
- Eje de mínima inercia

$$\theta_{\text{image}} = \frac{1}{2} \text{atan} 2(2\mu_{11}, \mu_{20} - \mu_{02})$$

$$\theta_{\text{mesa}} = \frac{1}{2} \text{atan} 2(2S_x S_y \mu_{11}, S_x^2 S_y^2 \mu_{20} - \mu_{02})$$



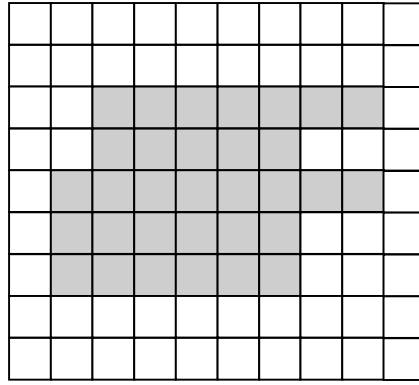
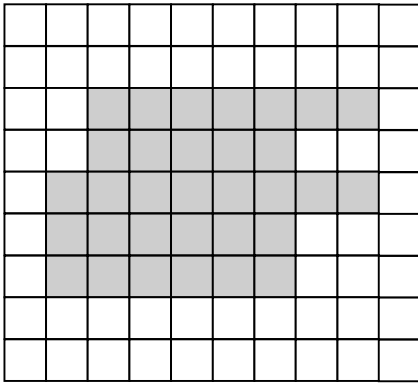
Feret



- Diámetro feret: Diámetro de blob en un determinado ángulo
- Se calcula por muestreo exhaustivo de N direcciones predefinidas. $N=8, 16, \dots$
- La orientación puede determinarse por el ángulo que da el diámetro máximo

Perímetro

- frontera: pixeles blob (S) vecinos de algún punto de (\bar{s})



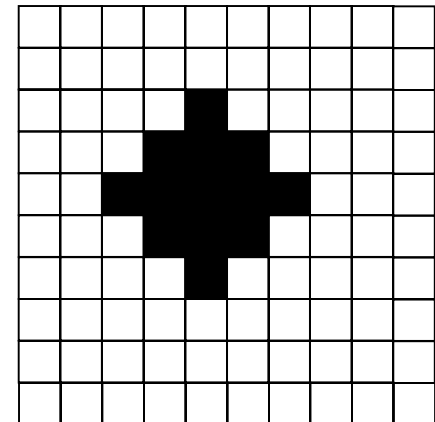
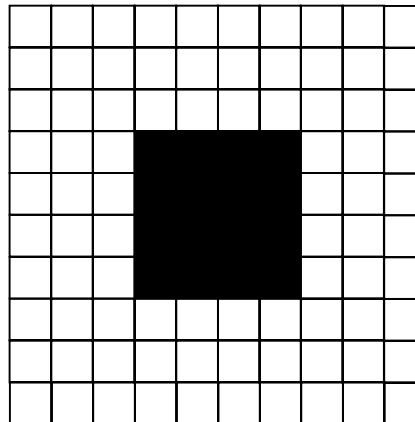
$$P = N_H + N_V + N_D \sqrt{2}$$

N_H Número píxles horizontales

N_V Número píxles verticales

N_D Número píxles diagonales

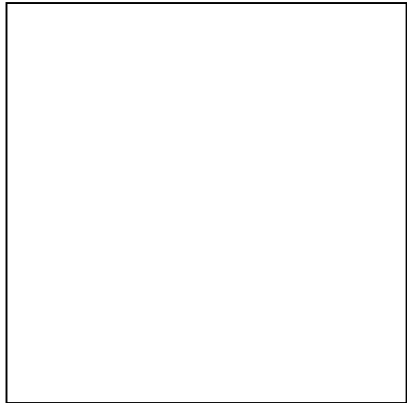
- perímetro:
 - número de pixels frontera
 - número de lados adyacentes a la frontera
 - sensible a cambios de orientación



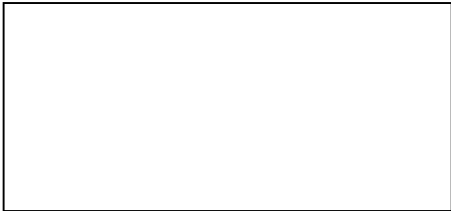
Elongación

$$E = \frac{P^2}{A} \quad P : \text{perímetro}, \quad A : \text{Área}$$

- Círculo \rightarrow mínima elongación: $4\pi \approx 12.5$
- Un área menos elongada define un área mayor para el mismo perímetro



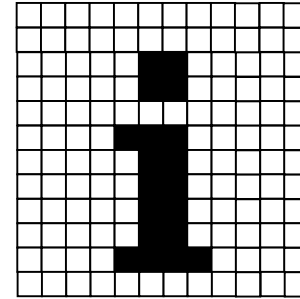
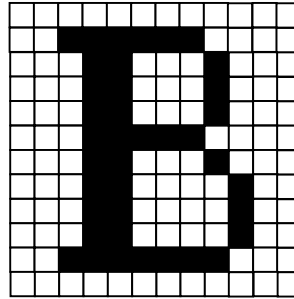
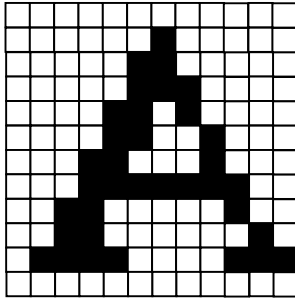
$$E = \frac{(4l)^2}{l^2} = 16$$



$$E = \frac{(4l)^2}{\left(\frac{3l^2}{4}\right)} = 21.3$$

Número de Euler

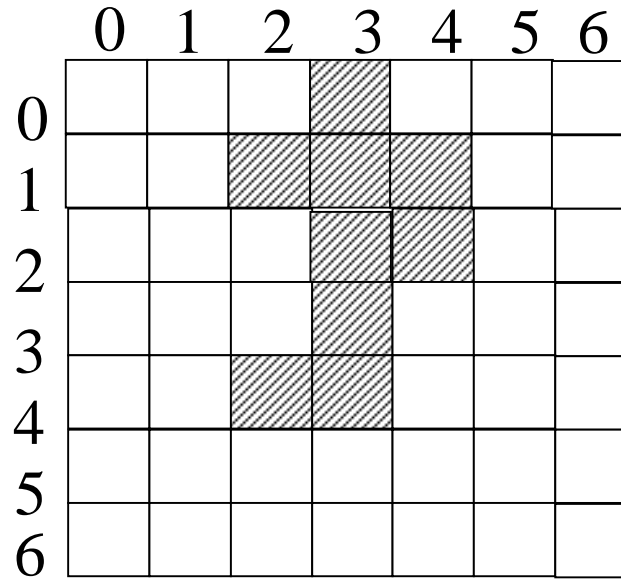
- $Eu = C - H$
 - » C: número de componentes
 - » H: número de agujeros



¿Eu?

- Descriptor topológico invariante

Ejercicio



- La imagen anterior ha sido tomada con una cámara frontal y paralela de los siguientes datos:
- $h=390\text{mm}$. $f=6\text{mm}$ $dx=0.0086\text{mm}$. $dy=0.0083\text{mm}$. $Nfx=512$, $Ncx=752$
 $Cx=255$, $Cy=291$
- Calcular:
 - Rectángulo envolvente
 - Momentos , momentos centrados, momentos normalizado y momentos invariantes hasta orden 2
 - Posición y orientación del objeto sobre la imagen y sobre la mesa de trabajo
 - Perímetro sobre la imagen y sobre la mesa de trabajo
 - Orientación mediante diámetro de Feret máximo considerando 6 direcciones