

Lección 1: Umbralización

1. Introducción

2. Umbralización utilizando el histograma

- P-tile
- Modales
- Iterativos
- Adaptativos
- Variables

3. Histograma + Imagen

- Doble
- Weszka



1. Introducción: imágenes binarias

- **Problema:** capacidad limitada de procesamiento

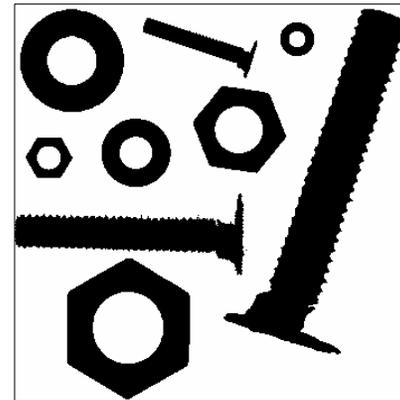
A mayor resolución y cuantización, mayor cantidad de información

- **Ventajas de las imágenes binarias:**
 - Algorítmica más eficiente
 - Codificaciones especiales para reducir almacenamiento
 - Operaciones lógicas en vez de aritmética entera
 - Técnicas aplicables a la visión en blanco y negro
- **Ejemplos de aplicación:**
 - Reconocimiento de objetos planos
 - Reconocimiento de caracteres
 - Análisis de cromosomas

- **Premisa:** la silueta de los objetos debe describirlos suficientemente



Blanco y negro

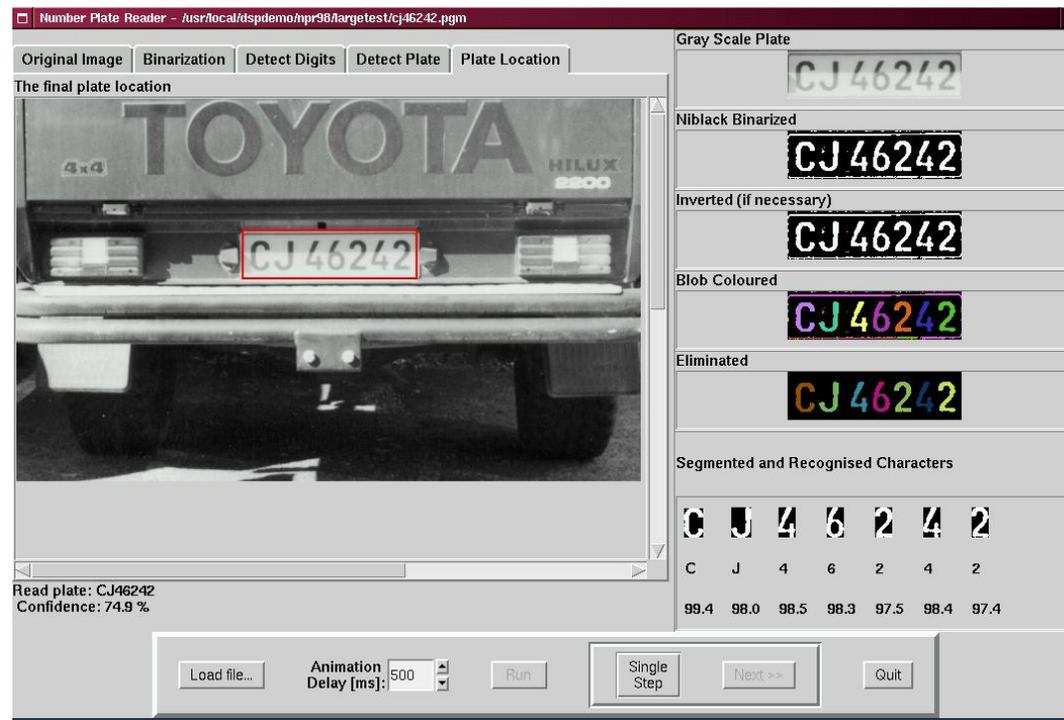


Binaria

¿Cómo determinar el umbral a utilizar para convertir la imagen en binaria?

Ejemplo: London Toll Video System

- 688 cámaras de video en 203 lugares
- 40,000 vehículos por hora



Histograma

- **Definición:** el histograma de una imagen digital $R \times C$, con niveles de gris $k \in [0..L-1]$, es una función discreta:

$$p(k) = n_k/n$$

n_k : no. de pixels de nivel k
 n : no. total de pixels

- $p(k)$: frecuencia relativa del nivel de gris k (puede considerarse una estimación de la probabilidad de ocurrencia de k)

$$n = \sum n_k = R \times C$$

$$\sum p(k) = 1$$

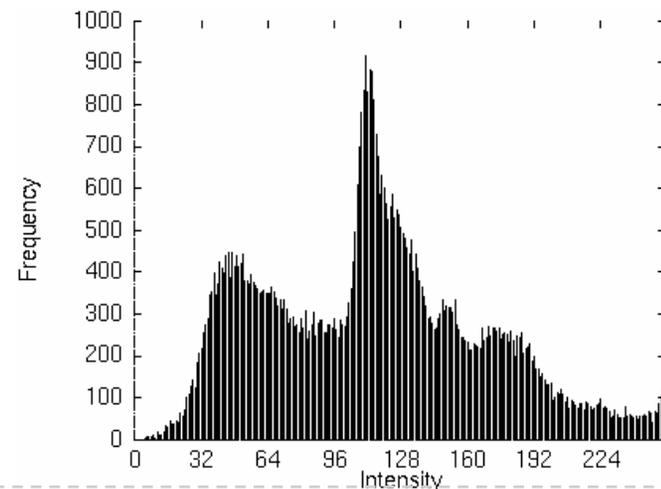
- **Representación:** vector h de rango $[0..L-1]$ donde:

$$h[k] = \#\{(i, j) : I(i, j) = k\}$$

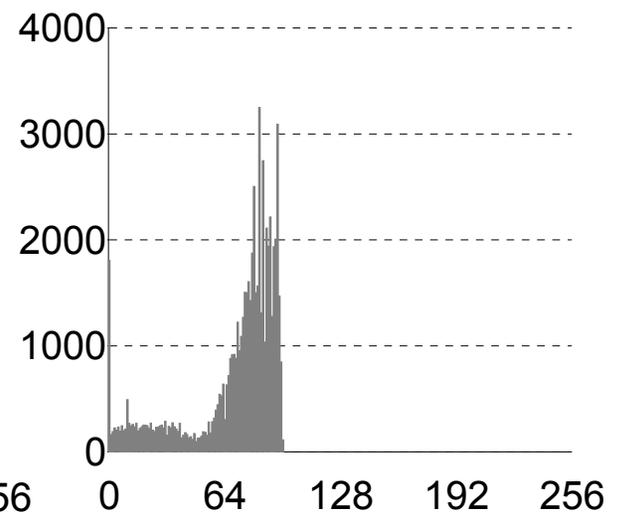
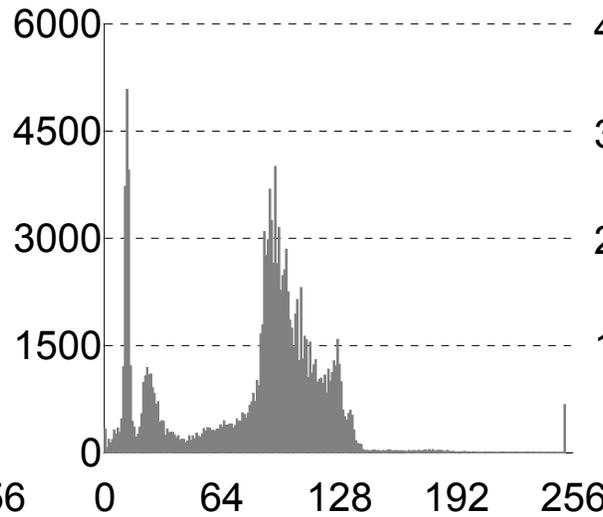
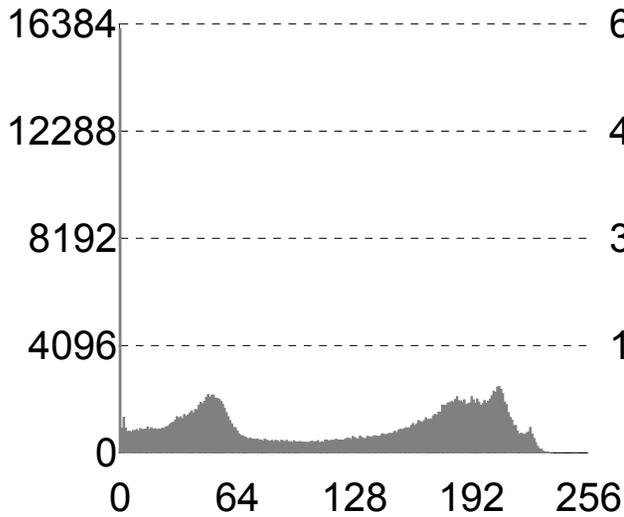
$$\begin{aligned} i &\in [0..R-1] \\ j &\in [0..C-1] \\ k &\in [0..L-1] \end{aligned}$$

- Descripción global de la imagen

- ¿pérdida de información?
- ¿unicidad?



¿correspondencia histograma – imagen?



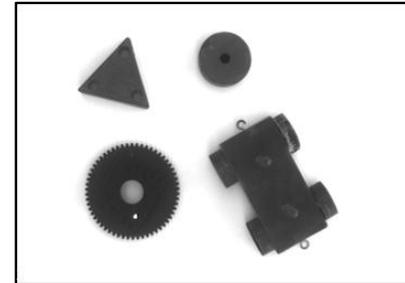
2. Umbralización con histograma

- **Objetivo:** adquisición de imágenes a 256 niveles de gris; separar los pixels pertenecientes a objetos de los pixels pertenecientes al fondo.
- **Convenciones:**
 - 0 : pixels objeto (objetos negros)
 - 1 : fondo (fondo blanco)

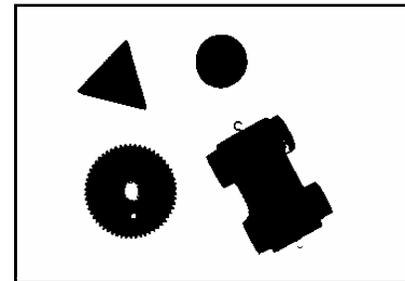
umbral único T :

$$B(i, j) = \begin{cases} 0, & I(i, j) \leq T \\ 1, & \text{dnc} \end{cases}$$

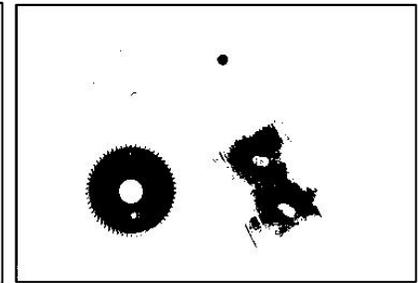
Imagen original



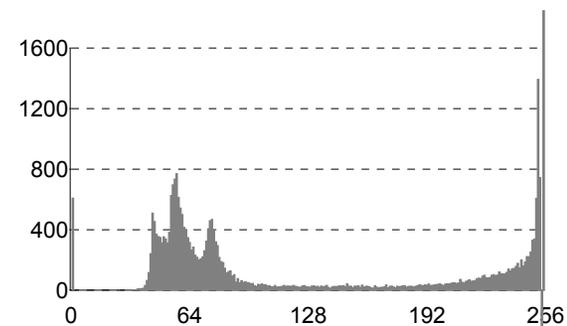
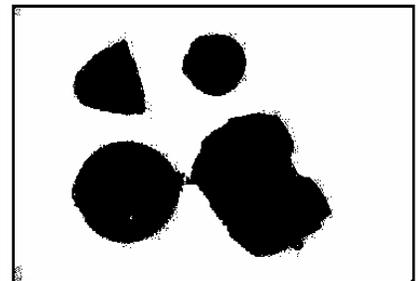
T=132



T = 61



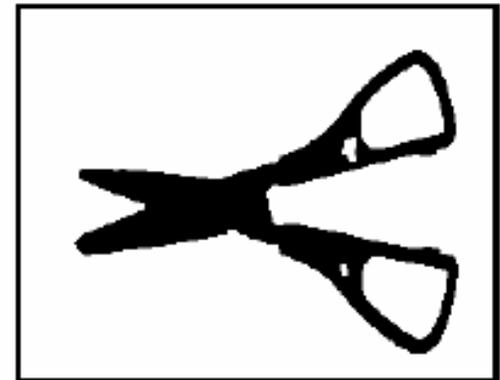
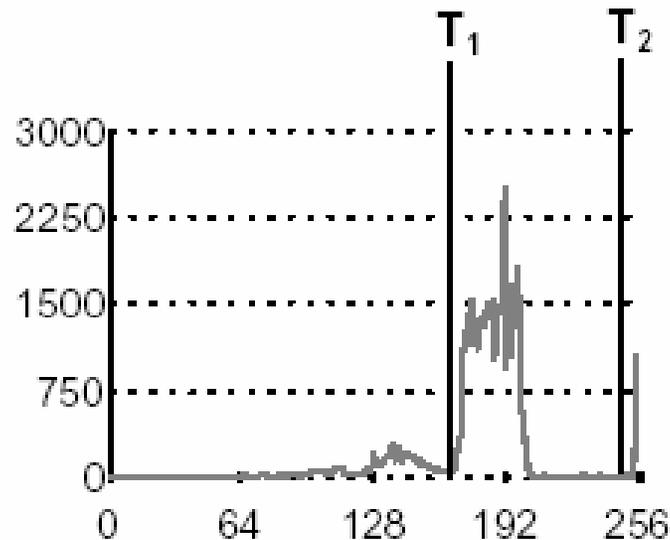
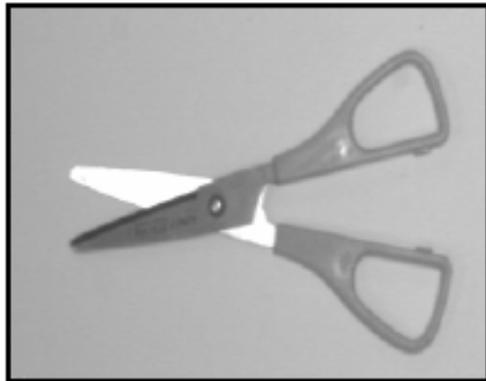
T=250



2. Umbralización con histograma

intervalo $[T_1, T_2]$:

$$B(i, j) = \begin{cases} 0, & T_1 \leq I(i, j) \leq T_2 \\ 1, & \text{dlc} \end{cases}$$



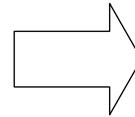
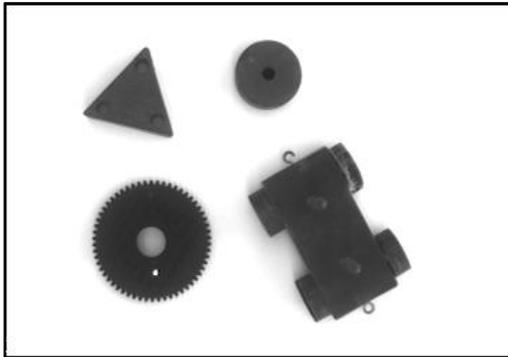
varios intervalos Z :

$$B(i, j) = \begin{cases} 0, & I(i, j) \in Z \\ 1, & \text{dlc} \end{cases}$$

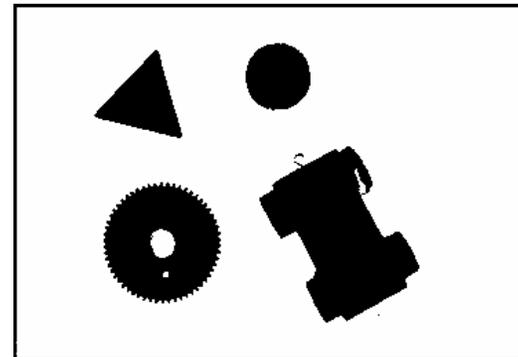
$$Z = \left\{ (T_i, T_j) \right\}$$

Cálculo manual .vs automático de umbrales

- **Cálculo manual.**- valor prefijado específico
 - Iluminación controlada
 - Fondo constante
 - Contraste entre objeto y fondo



Umbral = 109



- **Cálculo automatizado**
 - Se busca robustez
 - Necesario conocimiento previo
 - » Luminosidad objetos
 - » Tamaño objetos
 - » Fracción imagen ocupada
 - » Número objetos presentes



Método P-Tile

- Si se sabe que el $p\%$ de la imagen está ocupada por los objetos, se escoge el umbral para que los $p\%$ pixels más oscuros sean clasificados como pixels objeto.

TRAE *bien la espada.* || 12. prnl. p. us. Con relación a vestidos o atavíos, llevarlos con buen arte o con malo, generalmente con los adverbios *bien* o *mal*. *Joaquín* SE TRAE BIEN. || **traer** a uno a **mal traer.** fr. Maltratarlo o molestarlo mucho en cualquier concepto. || **traer** a uno **arrastrado**, o **arrastrando.** fr. fig. y fam. Fatigarle mucho. || **traer** a uno **de acá para allá**, o **de aquí para allí.** fr. Tenerle en continuo movimiento, no dejarlo parar en ningún lugar. || 2. Inquietarlo, zarandearlo, marcarlo. || **traérselas.** loc. fam. que se aplica a aquello que tiene más intención, malicia o dificultades de lo que a primera vista parece.

Seleccionar los n
más oscuros

```
#define L 256
...

int p_tile (IMAGEN *I,
            HISTOGRAMA *h,
            float p)
{
    int i = 0,
        count = 0,
        n = ROWS (*I) * COLS (*I) * p;

    while ((i < L) && (count < n)) {
        count += h[i];
        i++;
    }
    return i-1;
}
```

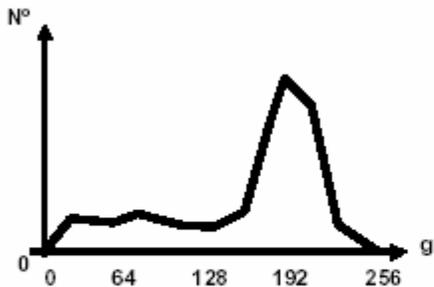
No. de pixels que
constituyen el $p\%$

- En una página impresa entre el 92% y 95% de la página está en blanco.
- Utilidad limitada a sistemas de reconocimiento de caracteres impresos.

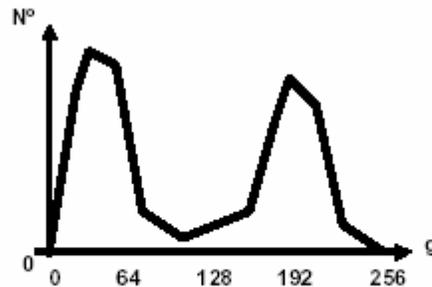


Métodos modales

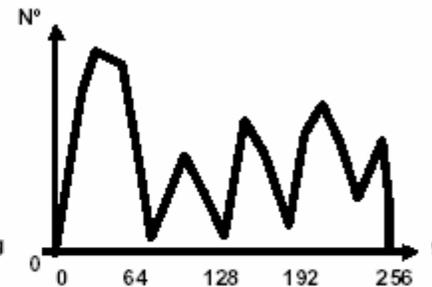
- **Distribución unimodal:** Los objetos están poco contrastados respecto al fondo. El histograma integra toda la información y sólo aparece un pico dominante (usualmente el fondo).
- **Distribución bimodal:** Los objetos aparecen claramente contrastados respecto al fondo y todos ellos presentan la misma distribución de niveles de gris.
- **Distribución multimodal:** Varios objetos bien contrastados con distribuciones de gris diferentes. El histograma tiene forma de varias colinas con valles de separación.



Histograma
Unimodal



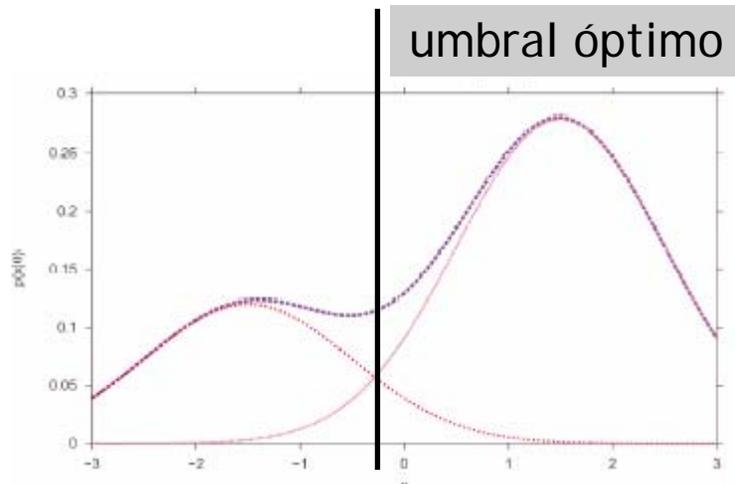
Histograma
Bimodal



Histograma
Multimodal

Métodos modales

- Si todos los objetos son del mismo color, el fondo tiene color uniforme, y el ruido de la imagen es Gaussiano $N(0, \sigma^2)$:
- Nivel pixels objeto es $N(\mu_1, \sigma_1^2)$
- Nivel pixels fondo es $N(\mu_2, \sigma_2^2)$



- El objetivo consiste en encontrar el valle entre las dos cimas principales

Un posible algoritmo:

1. Encontrar la cima más alta:

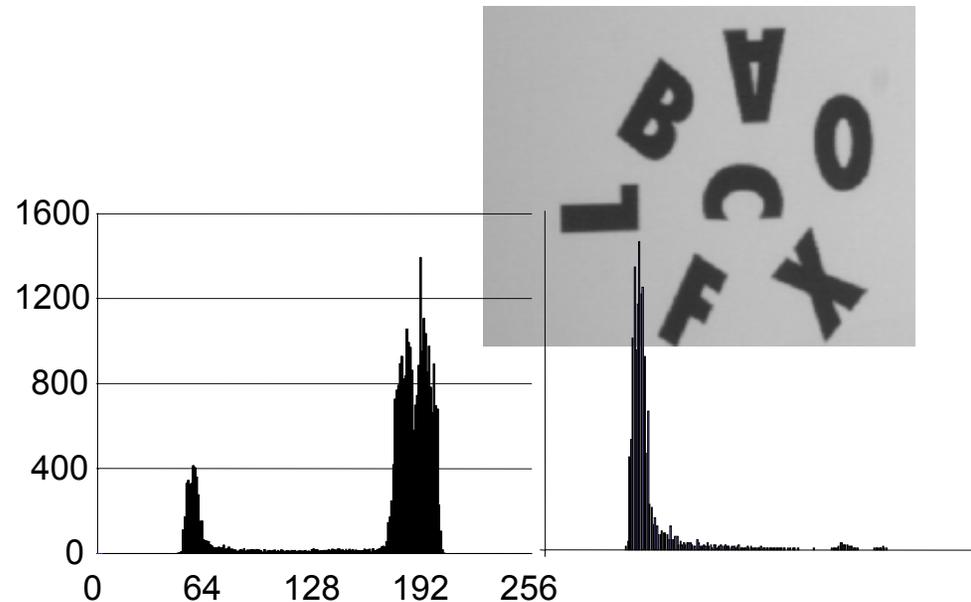
$$p = k : \max\{h[k]\}$$

2. Encontrar la segunda:

$$q = k : \max\{(k-p)^2 h[k]\}$$

3. Encontrar el valle entre ambos

Evita valores cercanos a p

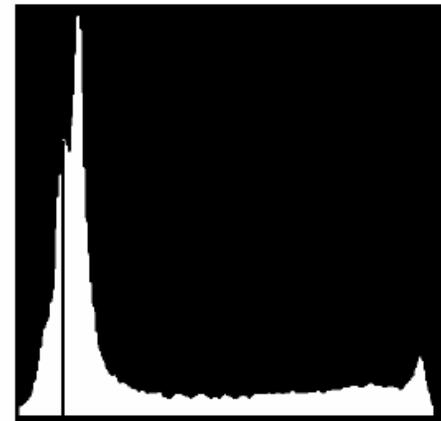


- Generalizable a n objetos $N(\mu_i, \sigma_i^2)$ con fondo $N(\mu_0, \sigma_0^2)$



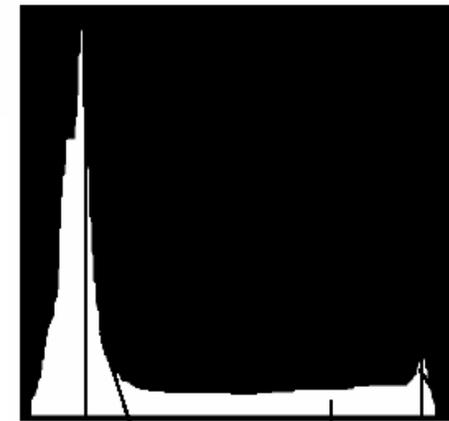
Búsqueda Gaussiana

- **Paso 1:** suavizado para eliminar picos locales y ruido. No debe cambiar la posición de máximos globales.
- Un algoritmo sencillo: promedio de los valores del histograma dentro de una ventana de tamaño $W = 3$ o 5 (impar).



Histograma Original

Máximo Local



Histograma Suavizado

max₁

max₂

Pendiente Negativa

Pendiente Positiva

Pendiente > P

$$h_s[b] = \frac{1}{W} \sum_{w=-V}^V h[b-w]$$

$$V = (W - 1)/2$$

$$W \text{ impar}$$



Búsqueda Gaussiana

- **Paso 2:** partiendo del máximo situado más a la izquierda se recorre el histograma calculando la pendiente en una ventana de tamaño dado, hasta que esta pendiente supere un cierto umbral P de pendiente positiva.
- **Paso 3:** Cuando la pendiente supere el umbral P se determina que el umbral T para la umbralización es la posición media de la ventana, en dicho instante.



V_0 V_1 V_{n-2} V_{n-1}

Ventana de tamaño n

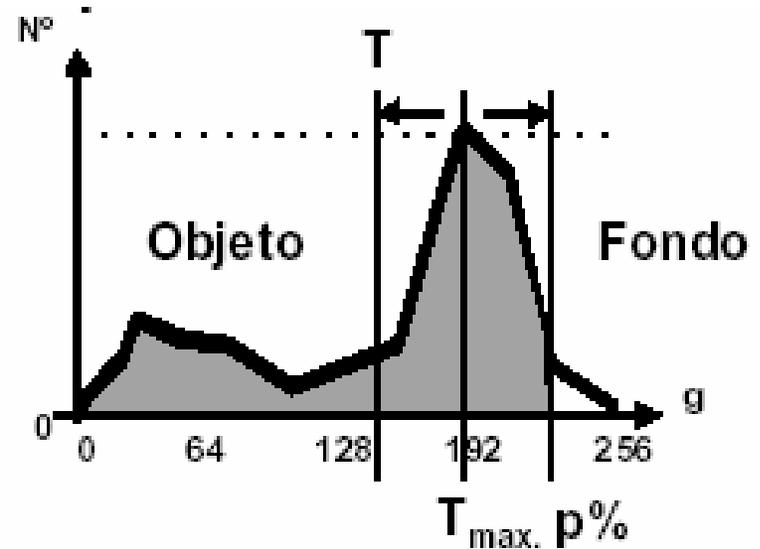
Pendiente = $V_{n-1} - V_0$

Simetría del fondo

Supone que el fondo forma un pico simétrico y dominante en el histograma.

1. Se suaviza el histograma.
2. Se obtiene el máximo global del histograma T_{max} (Fondo).
3. Se busca a la derecha (en el lado opuesto al objeto) el punto que corresponde al $p\%$ del histograma (p.e. el 95%).
4. Puesto que se supone que el lóbulo del fondo es simétrico, se toma como umbral el máximo menos un desplazamiento igual al del punto del $p\%$:

$$T = T_{max} - (p\% - T_{max})$$



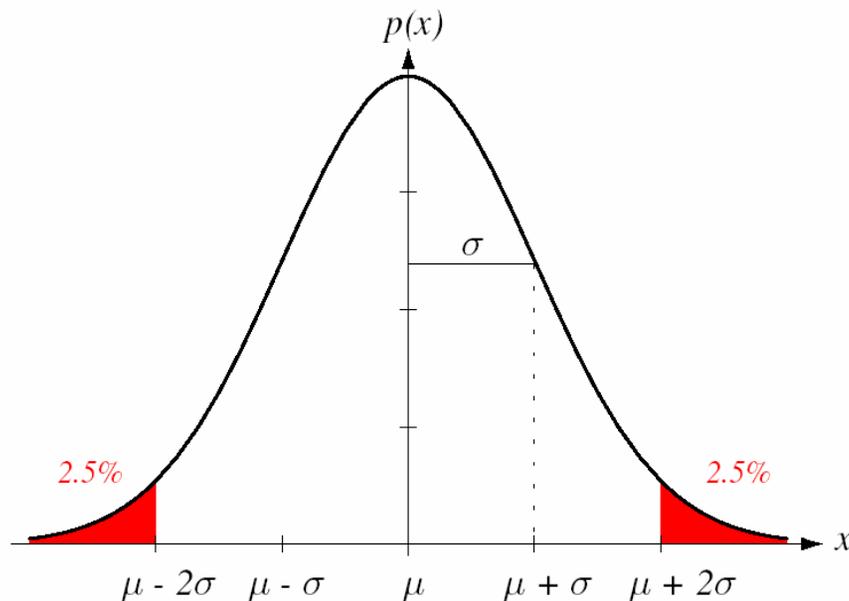
- Se ha supuesto objetos oscuros sobre fondo claro; se puede suponer lo contrario.
- Se puede adaptar a los casos en los que el objeto domina sobre el fondo.



Simetría del fondo: variación

$$x \sim N(\mu, \sigma^2)$$

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$



$$Pr \{ |x - \mu| \leq 2\sigma \} \simeq 0.95$$

- Utilizar la desviación típica de la parte del fondo.
- Se calcula la desviación típica (σ) de la parte del fondo a la derecha del máximo.

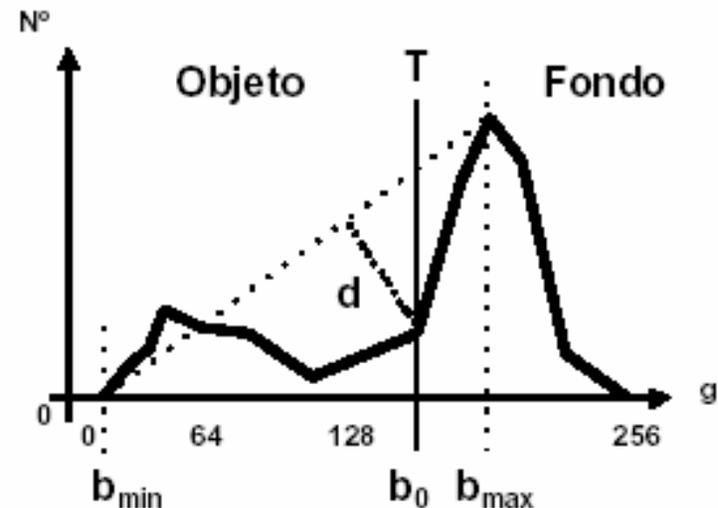
$$T = T_{\max} - 1.96 \sigma$$



Algoritmo del Triángulo [Zack, ?]

1. Se traza una línea entre el valor máximo del histograma (al nivel de gris b_{\max}) y el mínimo gris en la imagen $b_{\min} = (p=0\%)$.
2. Se calcula la distancia desde dicha línea al histograma $h[b]$ para todos los valores de $b = b_{\min}..b_{\max}$.
3. Se escoge el valor de gris b_0 para el que la distancia entre $h[b_0]$ y la línea es máxima, siendo el umbral $T = b_0$.

- Esta técnica es particularmente efectiva cuando los pixels objeto producen un pico débil en el histograma.



Dificultad para lograr optimalidad

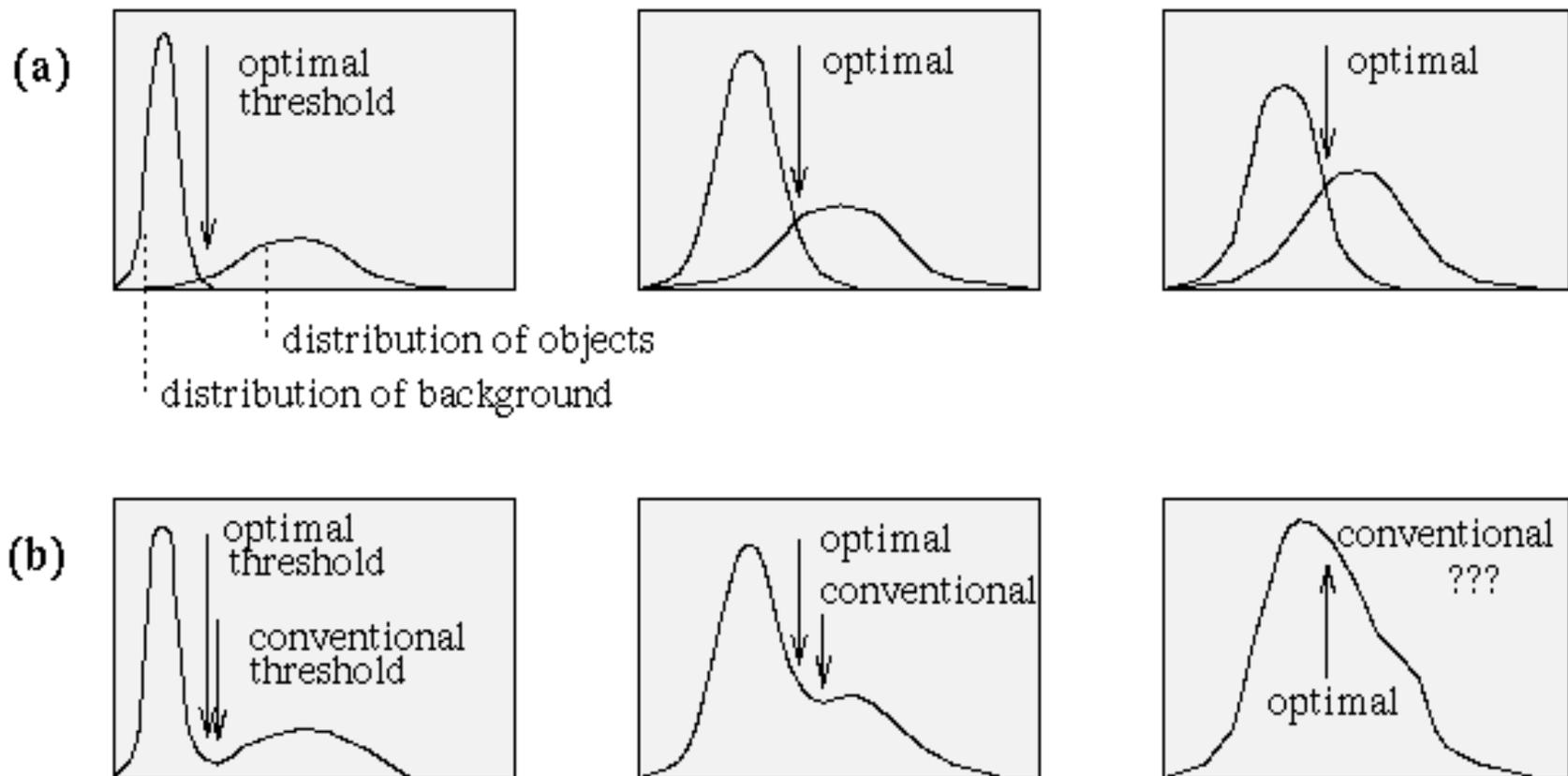


Figure 5.4 *Grey level histograms approximated by two normal distributions; the threshold is set to give minimum probability of segmentation error: (a) Probability distributions of background and objects, (b) corresponding histograms and optimal threshold.*

Métodos iterativos

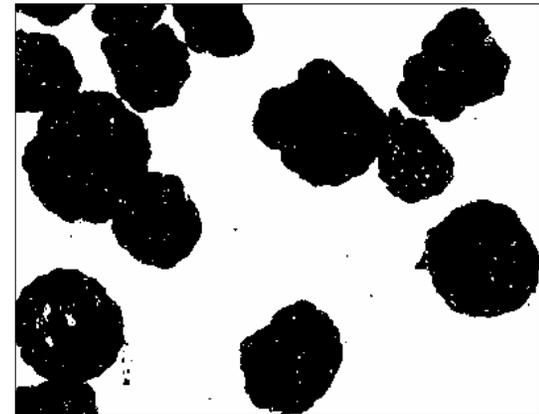
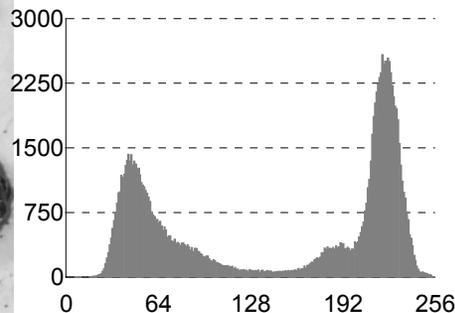
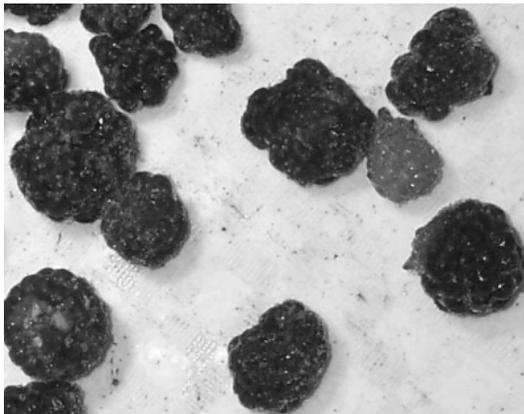
- Comenzar con un valor aproximado, y refinarlo iterativamente utilizando alguna propiedad de la subimagen.

Algoritmo Isodata (Ridler & Calvard, 1978) :

1. Seleccionar un umbral T inicial (p.e. el promedio de la intensidad).
2. Particionar la imagen en dos grupos R_1 y R_2 utilizando T .
3. Calcular los valores medios de las regiones μ_1 y μ_2

4.
$$T = (\mu_1 + \mu_2)/2$$

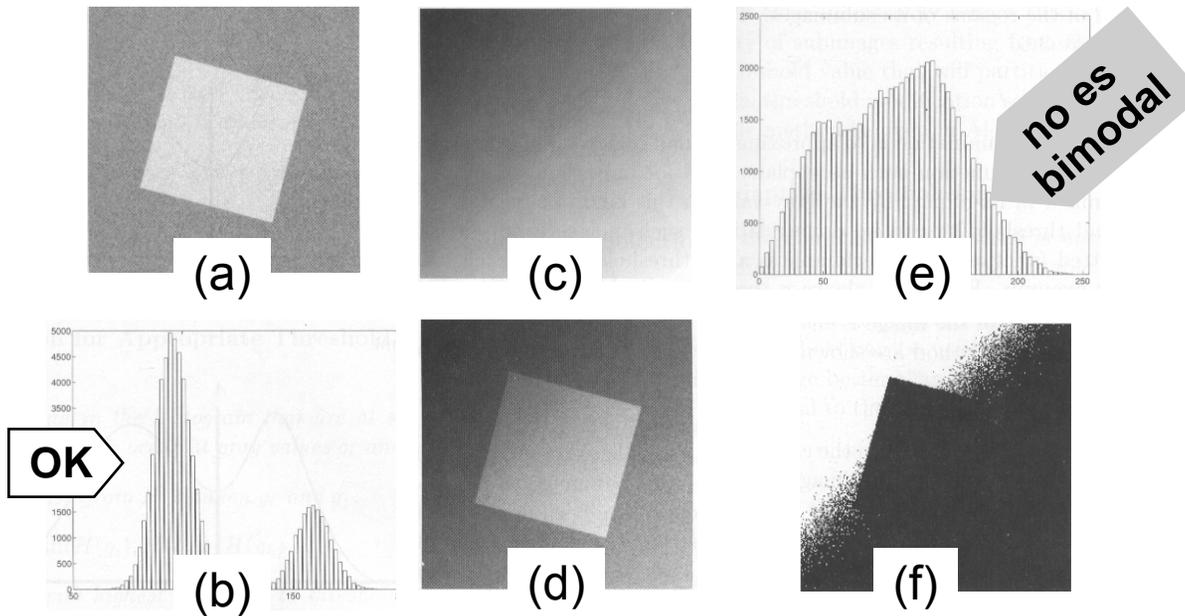
5. Repetir los pasos 2-4 hasta que el valor de T no cambie.



Intenta buscar los valores medios de objetos y fondo.

Métodos adaptativos

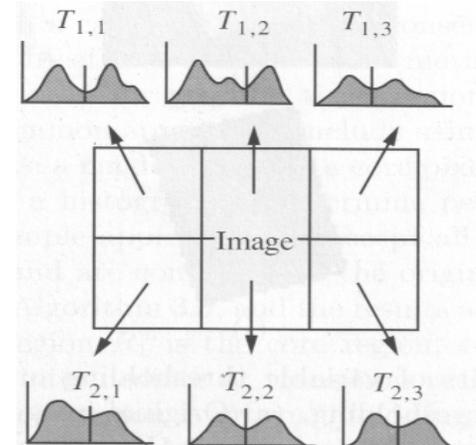
- Si la iluminación no es uniforme en toda la imagen, no puede utilizarse un único valor de T .



- (a) imagen original
- (b) histograma
- (c) iluminación no uniforme
- (d) imagen iluminada no uniformemente
- (e) histograma
- (f) resultado umbralización

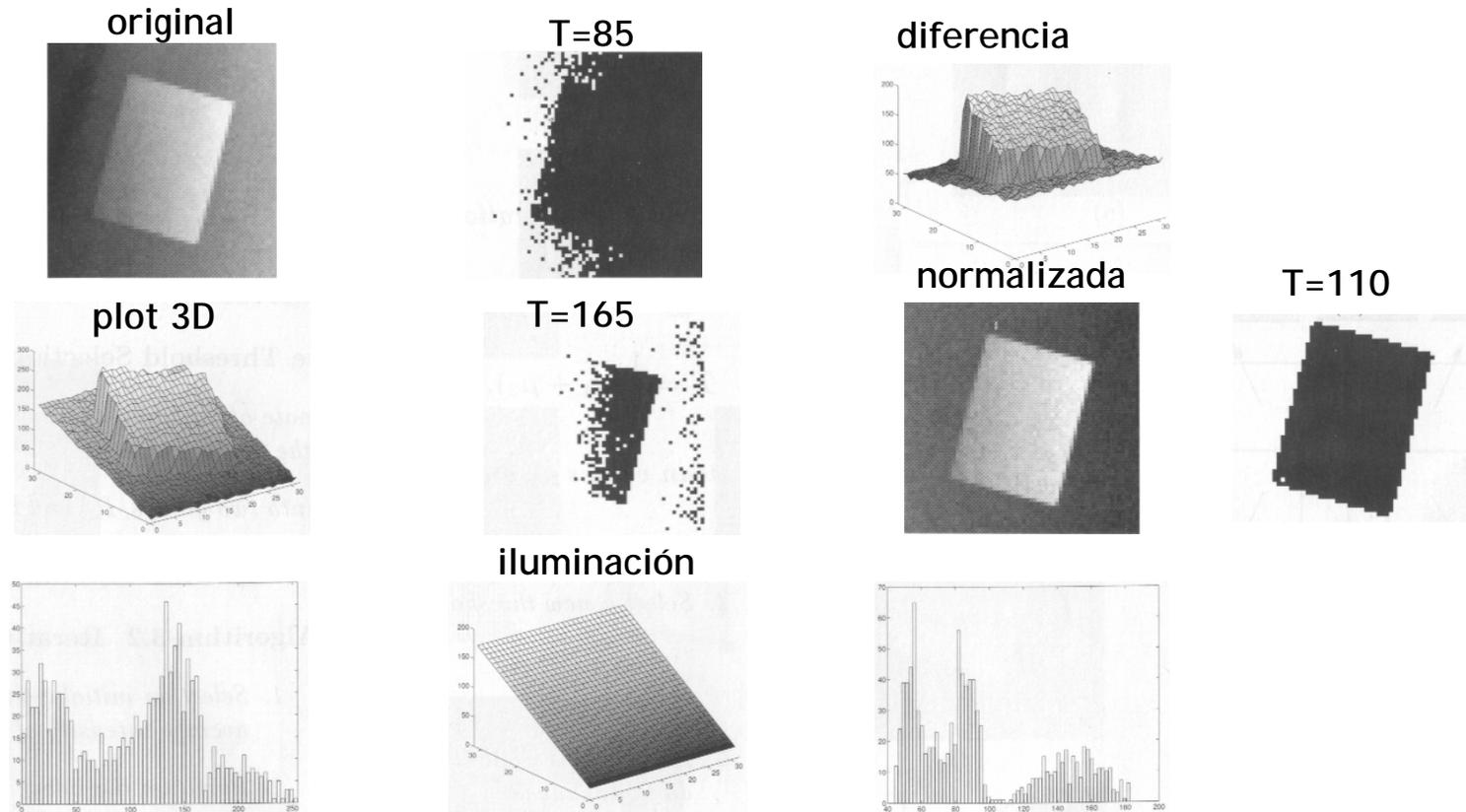
Algoritmo adaptativo:

1. Partir la imagen en I_{ij}
2. Para cada región I_{ij} calcular un umbral T_{ij}
3. Umbralizar cada región I_{ij}
4. La umbralización final es la unión



Métodos variables

- Iluminación no uniforme pero si modelable (variación lineal o cuadrática). Se intenta eliminar la no uniformidad:
 1. Hacer una aproximación (lineal o cuadrática) de la imagen.
 2. Efectuar la umbralización relativa a esta aproximación.



No elimina el problema de las sombras

3. Histograma + imagen: umbralización doble

- Primera umbralización simple, que se refina con este algoritmo:

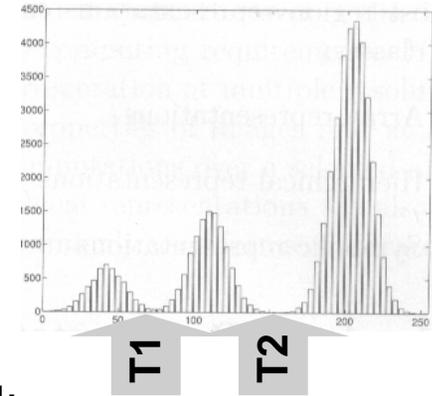
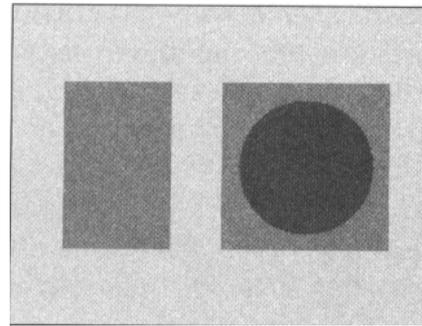
1. Seleccionar dos umbrales T_1 y T_2 .
2. Particionar la imagen en tres conjuntos:

objeto $R_1 < T_1$

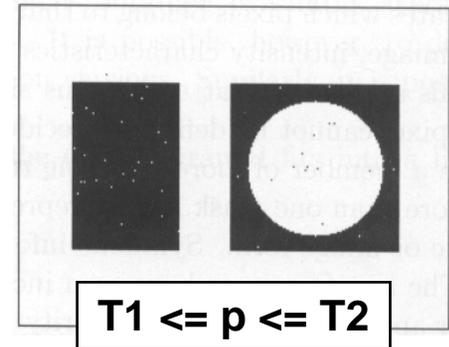
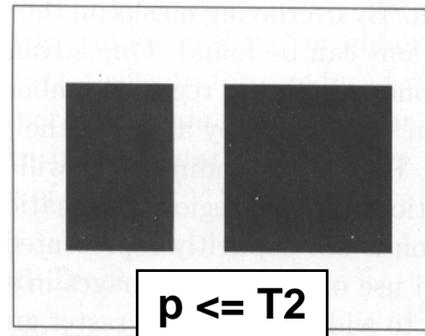
en duda $T_1 \leq R_2 \leq T_2$

fondo $T_2 < R_3$

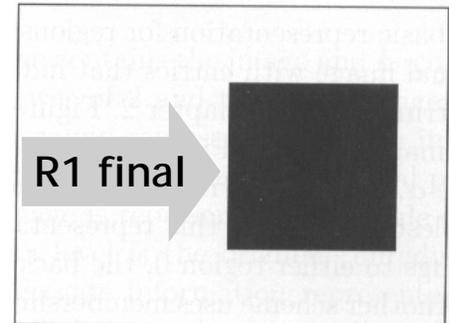
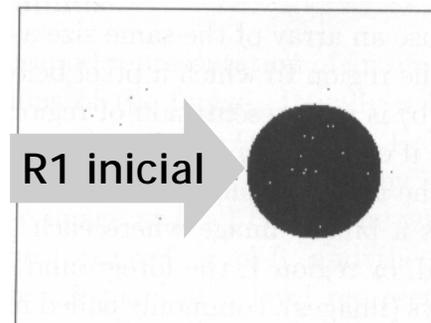
3. Visitar c/pixel en R_2 ; si tiene algún vecino que pertenezca a R_1 , se pasa a R_1 .
4. Repetir 3 hasta no reasignar ningún pixel.
5. Los pixels restantes en R_2 van a R_3 .



umbralización normal:



umbralización doble:

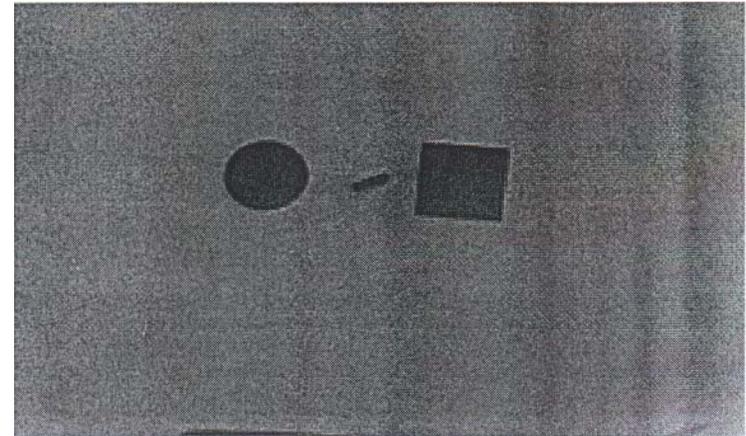


Histograma + imagen (Weszka, 1973)

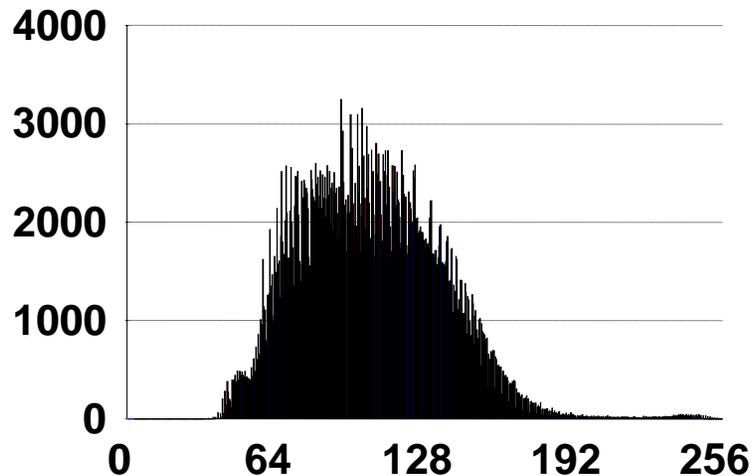
- El promedio es un umbral fácil de calcular:

$$T = \frac{\sum_{i=0}^{L-1} i \cdot h(i)}{\sum_{i=0}^{L-1} h(i)}$$

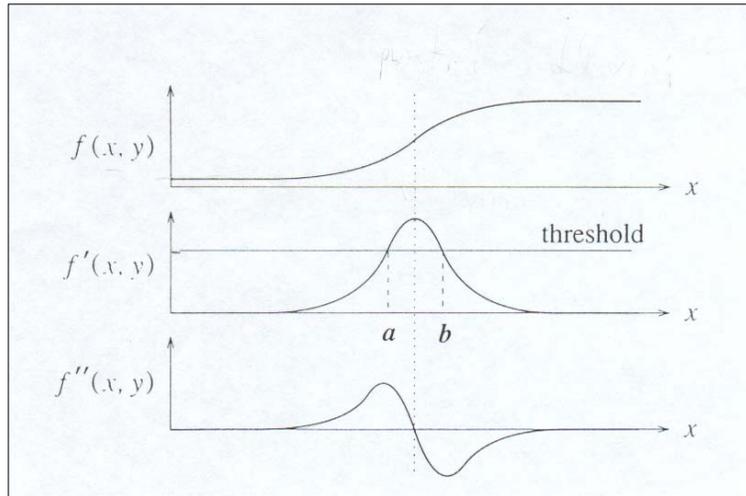
- Si las cantidades de pixels objeto y fondo no son similares, este umbral no es apropiado.



T=117



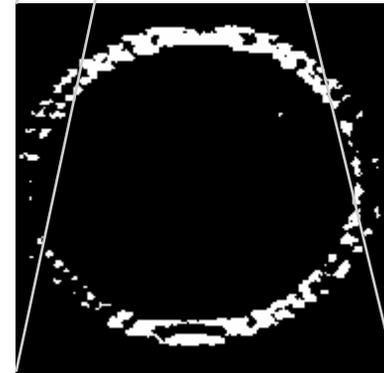
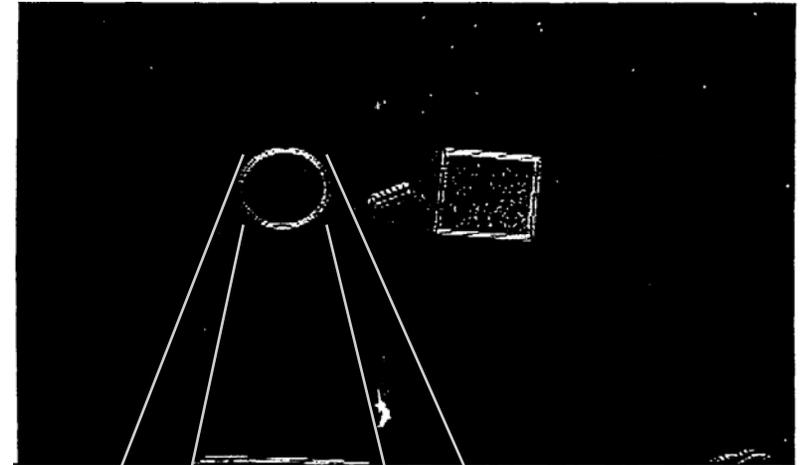
- **Laplaciano:** operador no direccional de detección de aristas



- Aproximación: convolución

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

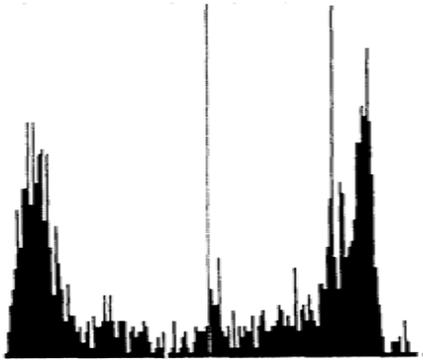
1	4	1
4	-20	4
1	4	1



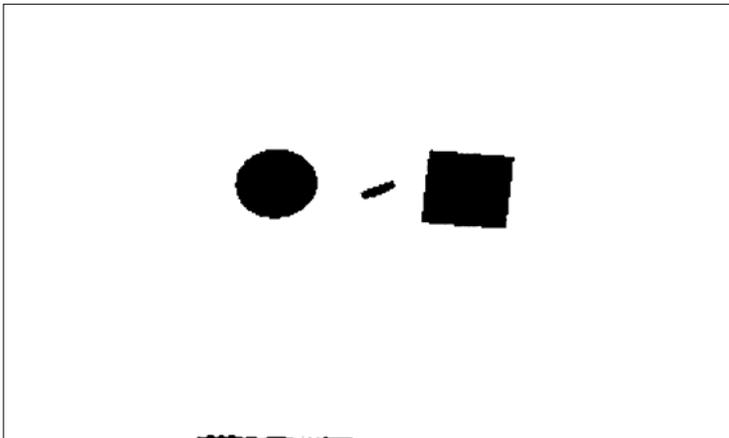
- Los 15% pixels más brillantes constituyen el contorno de los objetos (a ambos lados)

Weskza

- Los pixels del contorno pertenecen uniformemente al fondo y a los objetos



- Considerando sólo los pixels del contorno, se puede utilizar el promedio como umbral



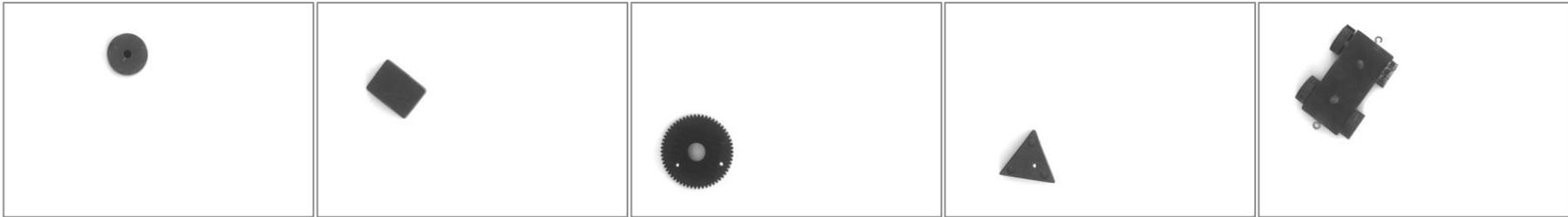
Umbralización

Limitaciones:

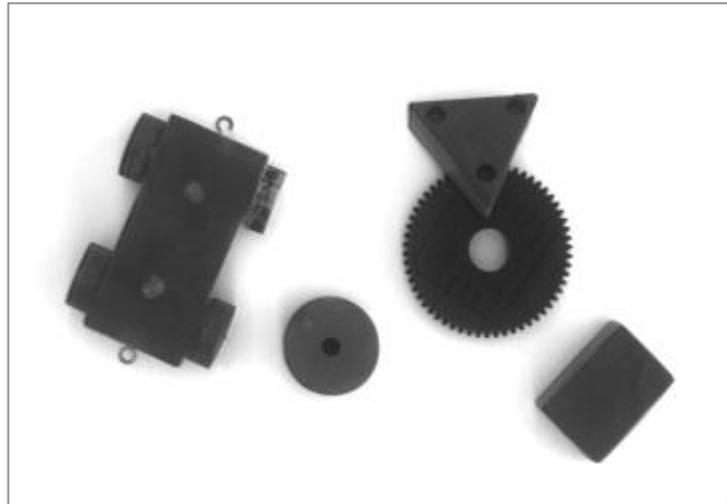
- Cada aplicación requiere un umbral/ algoritmo especializado
- Estas técnicas empeoran al aumentar la complejidad de la imagen
- Los métodos más eficientes utilizan sólo el histograma. Son limitados porque la información espacial se ignora.

Prácticas 1-5

- Reconocimiento de piezas planas:
- Aprendizaje:

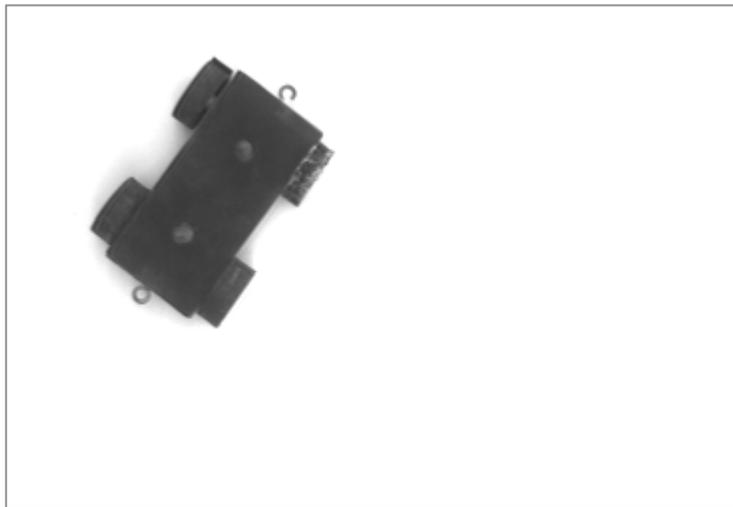


- Explotación:



P1: Umbralización

- Implementar el método Isodata



```
i: 1, umbral: 173  
i: 2, umbral: 164
```

