

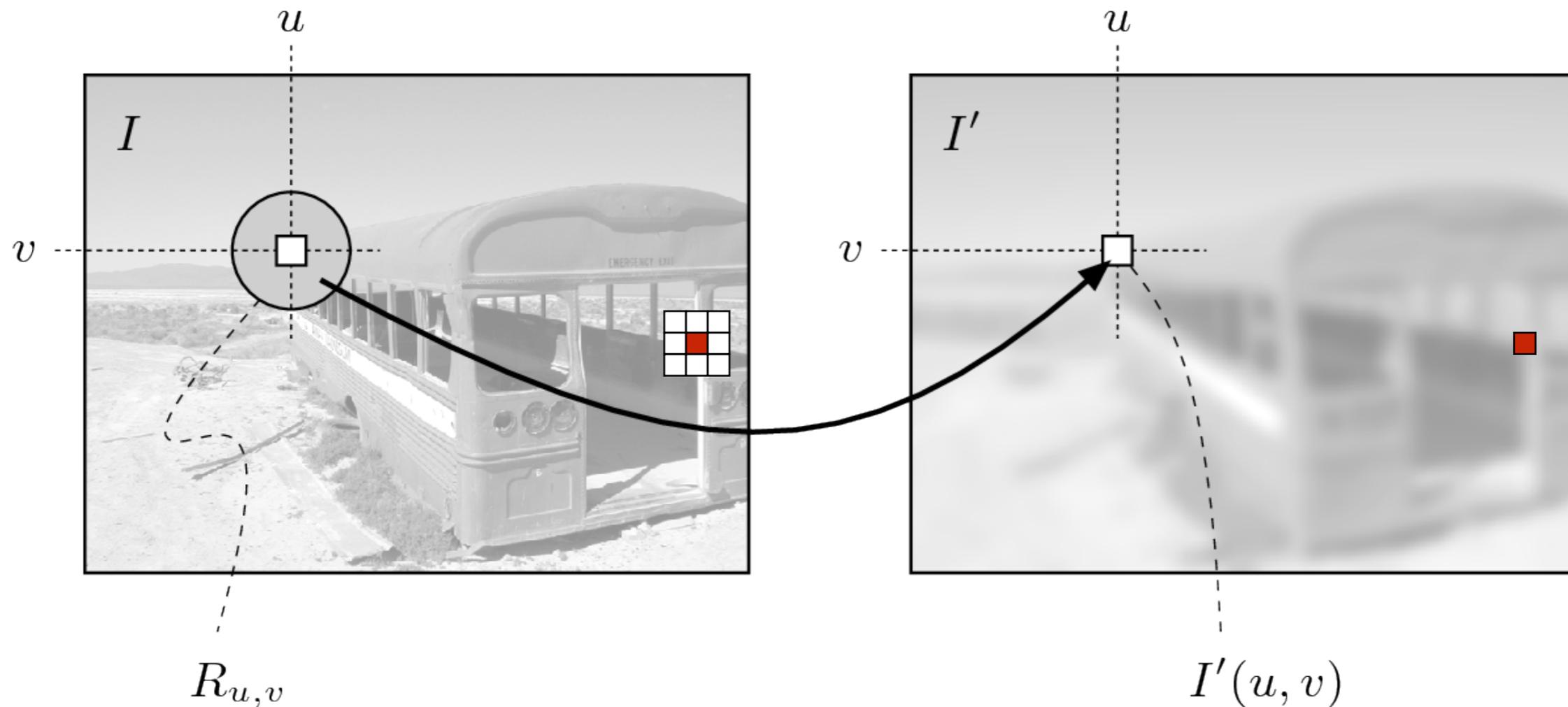
Filtrado espacial

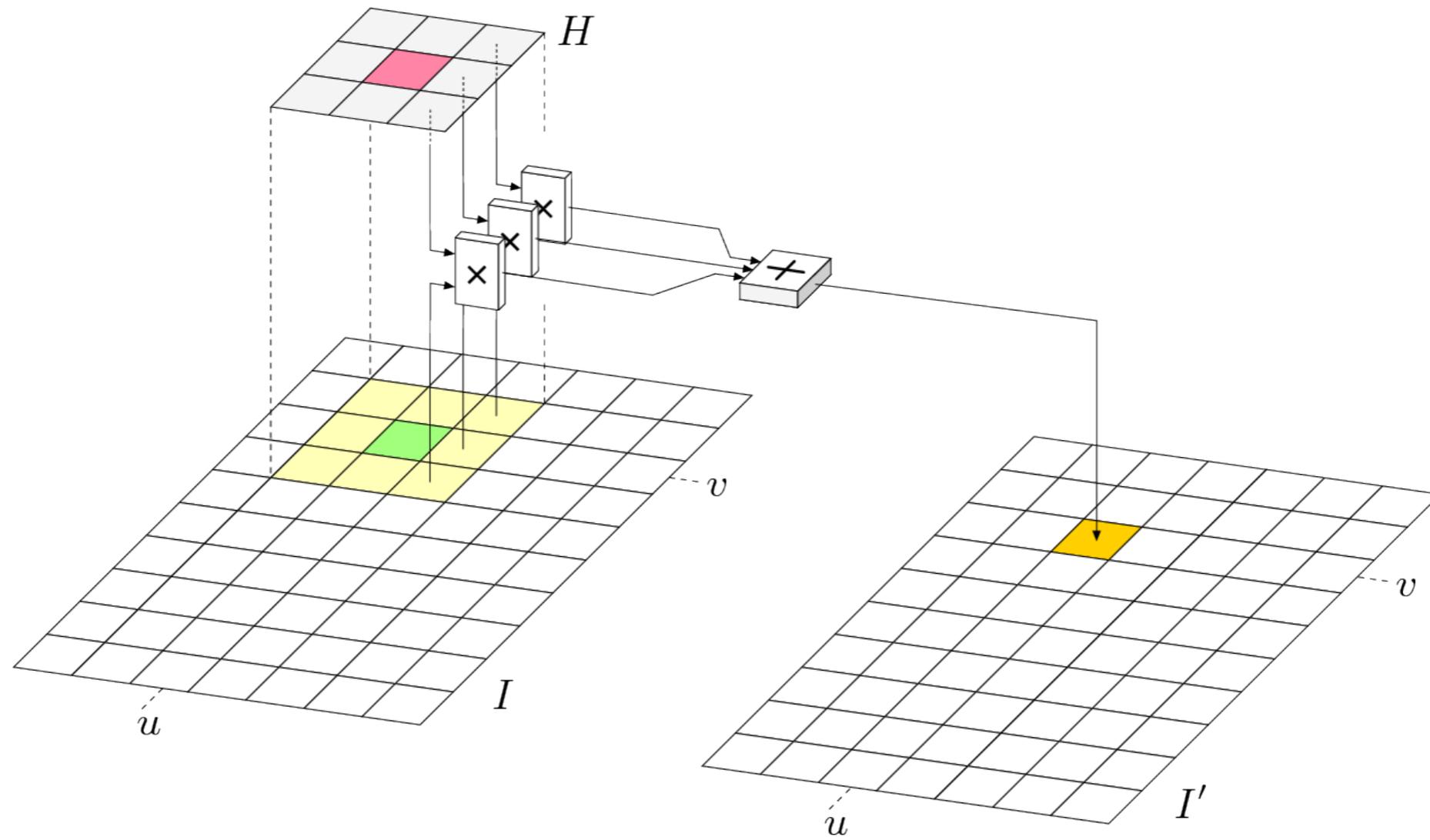
- Digital Image Processing, An Algorithm Introduction to Java  
Wilhelm Burger & Mark J. Burge. Springer, ISBN 978-1-84628-379-6  
Las transparencias están basadas en el material del libro disponible en [www.imagingbook.com](http://www.imagingbook.com)
- Digital Image Processing, Gonzalez & Woods

- Un filtro utiliza más de un pixel de la imagen original
- Ejemplo: Suavizado de una imagen



- El pixel  $I'(u,v)$  en la imagen de salida se calcula como alguna operación en la región  $R(u,v)$  de la imagen de entrada
- Suavizado  $\rightarrow$  posible operación: promediado de pixeles vecinos



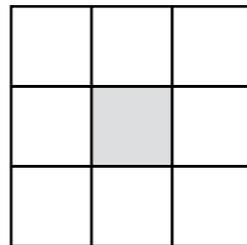


$$I'(u, v) \leftarrow \sum_{i=-1}^{i=1} \sum_{j=-1}^{j=1} I(u+i, v+j) \cdot H(i, j)$$

$$I'(u, v) \leftarrow \frac{p_0 + p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7 + p_8}{9}$$

$$I'(u, v) \leftarrow \frac{1}{9} \cdot [ I(u-1, v-1) + I(u, v-1) + I(u+1, v-1) + \\ I(u-1, v) + I(u, v) + I(u+1, v) + \\ I(u-1, v+1) + I(u, v+1) + I(u+1, v+1) ]$$

$$I'(u, v) \leftarrow \frac{1}{9} \cdot \sum_{j=-1}^1 \sum_{i=-1}^1 I(u+i, v+j)$$



- Un filtro lineal combina pixeles de la región de soporte en forma lineal
  - Básicamente una suma ponderada de pixeles.

$$I'(u, v) \leftarrow \frac{1}{9} \cdot [ I(u-1, v-1) + I(u, v-1) + I(u+1, v-1) + \\ I(u-1, v) + I(u, v) + I(u+1, v) + \\ I(u-1, v+1) + I(u, v+1) + I(u+1, v+1) ]$$

- El promediado es un ejemplo de filtro lineal
  - Región de soporte: 3x3
  - Ponderación: 1/9, igual para todos los pixeles de la región

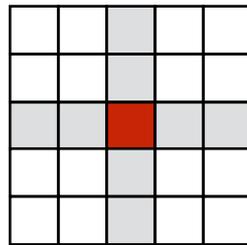
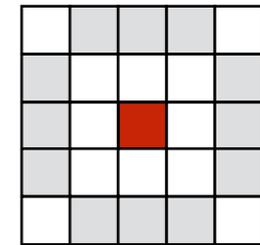
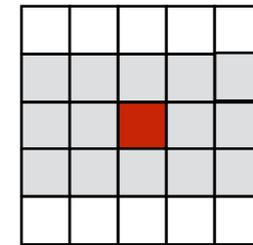
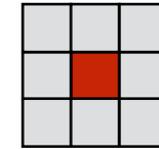
- Región de soporte

- Forma

- En general cuadrada
    - Podría tener otra forma. Ej. rectángulo, anillo, cruz

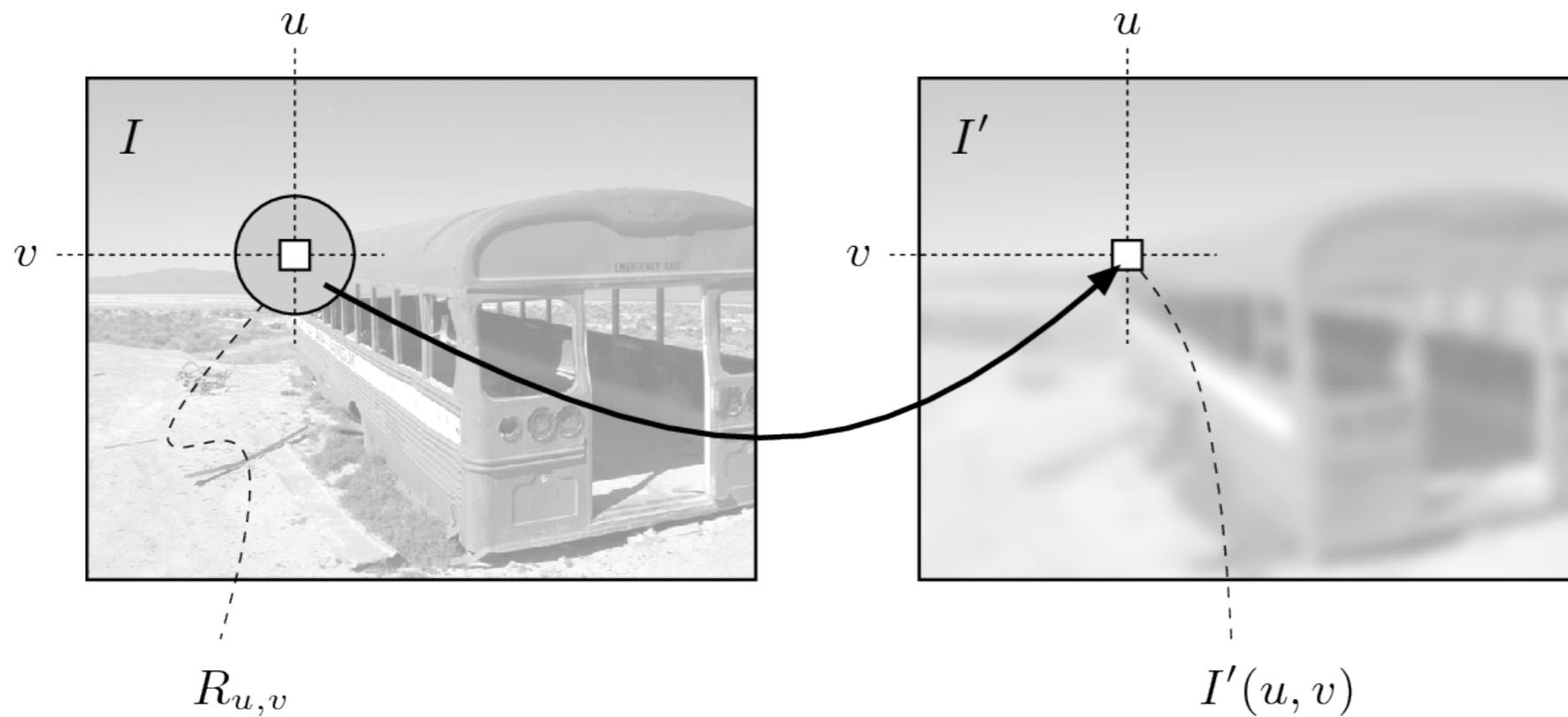
- Tamaño

- Cuántos pixeles contribuyen
    - Usualmente 3x3, 5x5, 7x7, etc.



- Pesos

- Énfasis que se le da a la contribución de cada pixel
    - Relación entre pixeles vecinos
      - Promediado → todos el mismo peso
      - Realce → importa la diferencia entre el pixel central y sus vecinos



$(0, 0) = \textit{Hot Spot}$

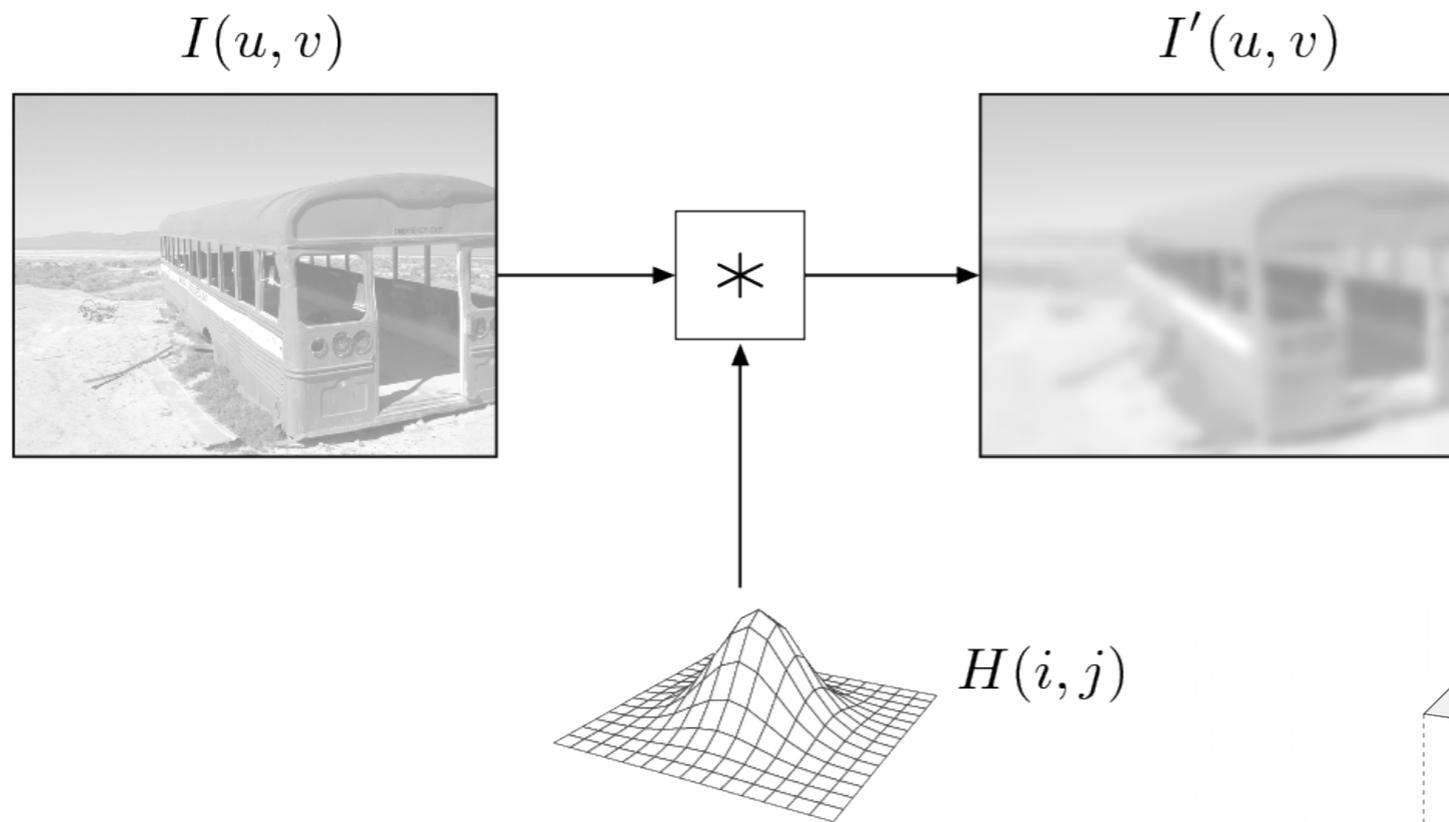
|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

$\rightarrow i$

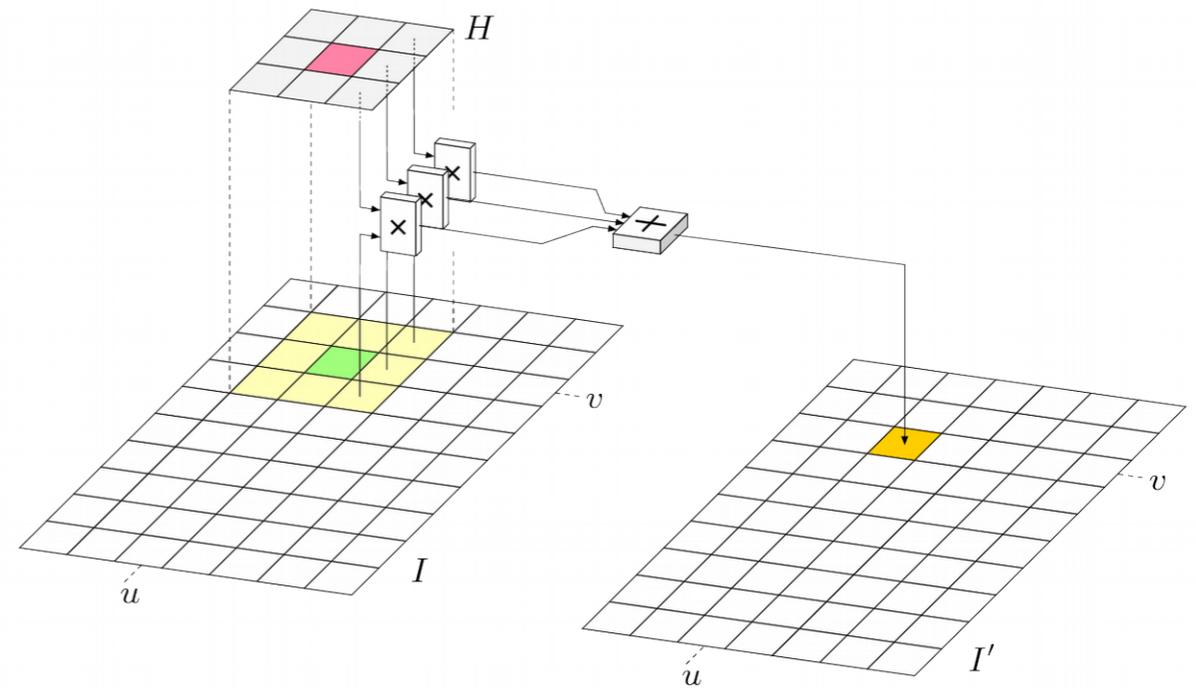
$\downarrow j$

$$I'(u, v) \leftarrow \sum_{(i,j) \in R_H} I(u + i, v + j) \cdot H(i, j)$$

- La operación matemática que se hace al filtrar es la convolución entre la imagen y el núcleo.

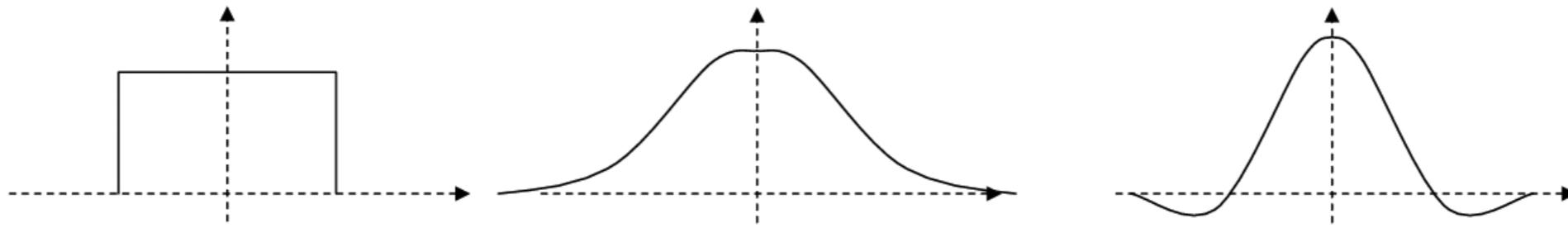
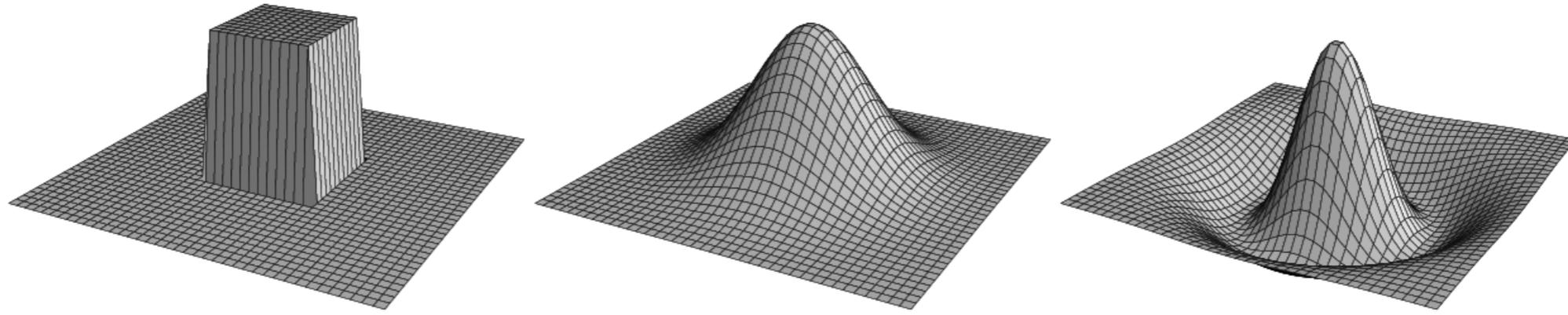


$$I'(u, v) \leftarrow \sum_{i=-1}^{i=1} \sum_{j=-1}^{j=1} I(u + i, v + j) \cdot H(i, j)$$



- En general los coeficientes pueden ser valores reales
- A veces se trabaja con enteros y una escala
- Normalización:
  - Los coeficientes de H suman 1
  - Los valores de los pixeles resultado se mantienen en el rango de los valores de los pixeles de la imagen de entrada

$$H(i, j) = \begin{bmatrix} 0.075 & 0.125 & 0.075 \\ 0.125 & \underline{0.200} & 0.125 \\ 0.075 & 0.125 & 0.075 \end{bmatrix} = \frac{1}{40} \begin{bmatrix} 3 & 5 & 3 \\ 5 & \underline{8} & 5 \\ 3 & 5 & 3 \end{bmatrix}$$



|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

(a)

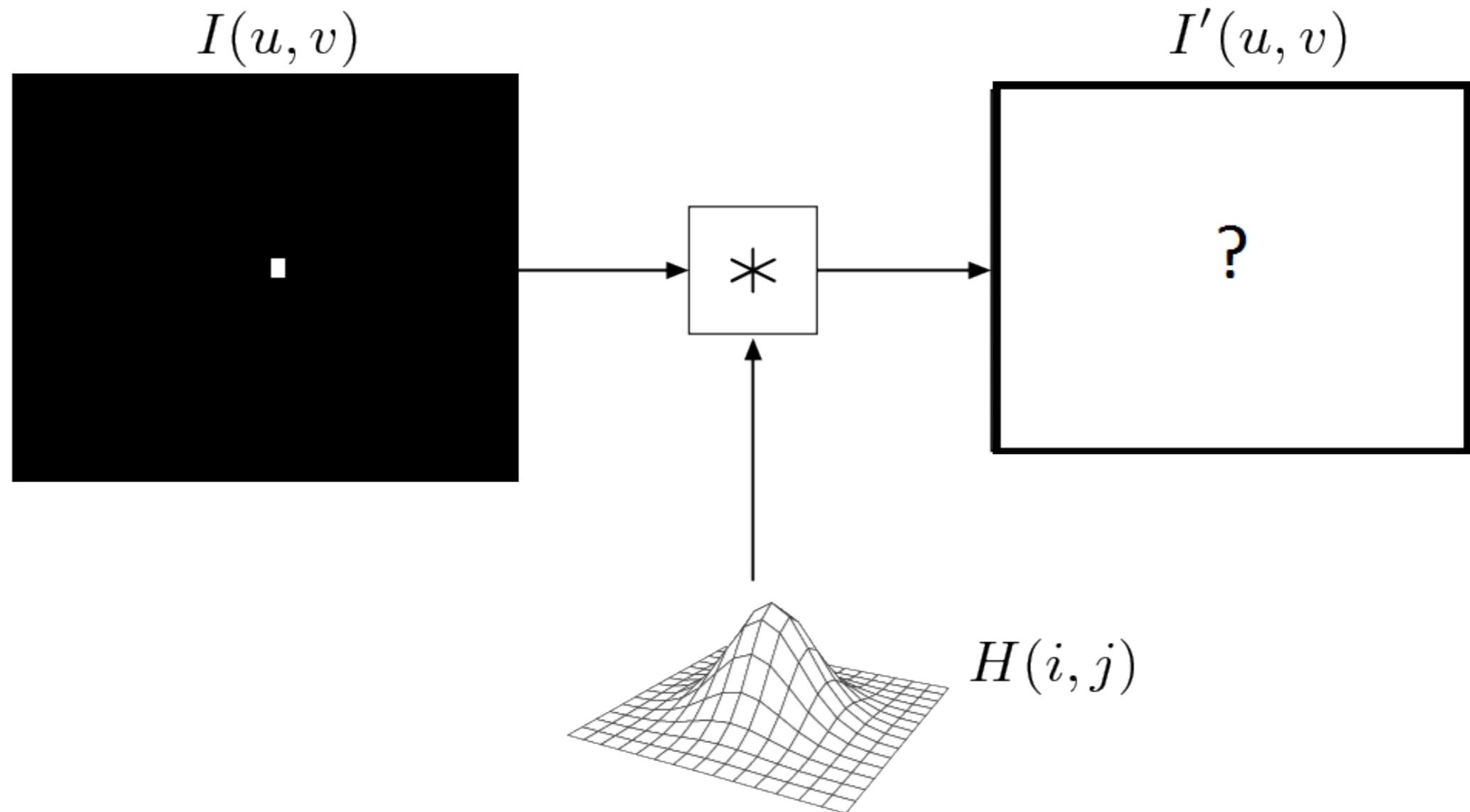
|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 2 | 1 | 0 |
| 1 | 3 | 5 | 3 | 1 |
| 2 | 5 | 9 | 5 | 2 |
| 1 | 3 | 5 | 3 | 1 |
| 0 | 1 | 2 | 1 | 0 |

(b)

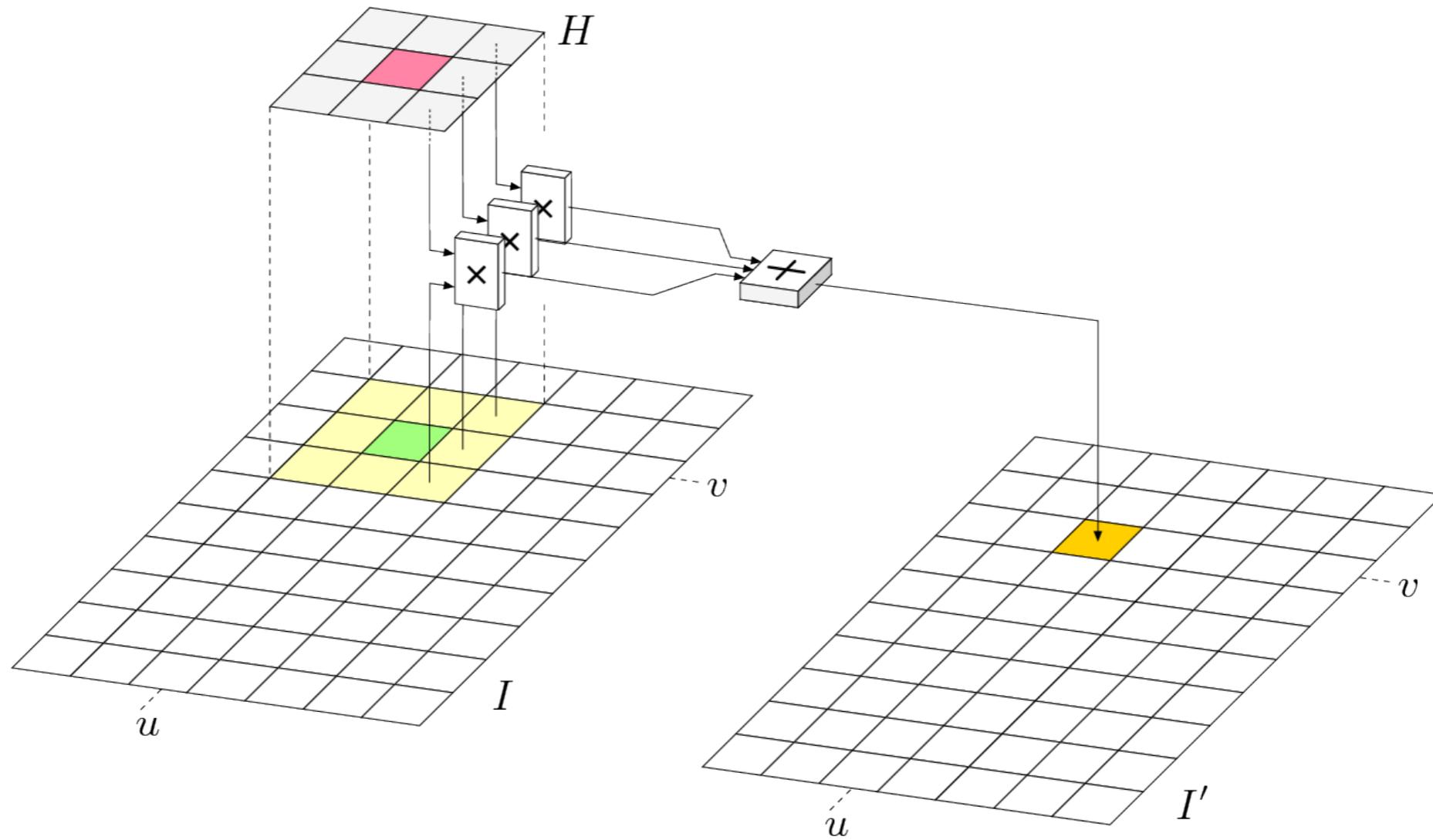
|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| 0  | 0  | -1 | 0  | 0  |
| 0  | -1 | -2 | -1 | 0  |
| -1 | -2 | 16 | -2 | -1 |
| 0  | -1 | -2 | -1 | 0  |
| 0  | 0  | -1 | 0  | 0  |

(c)

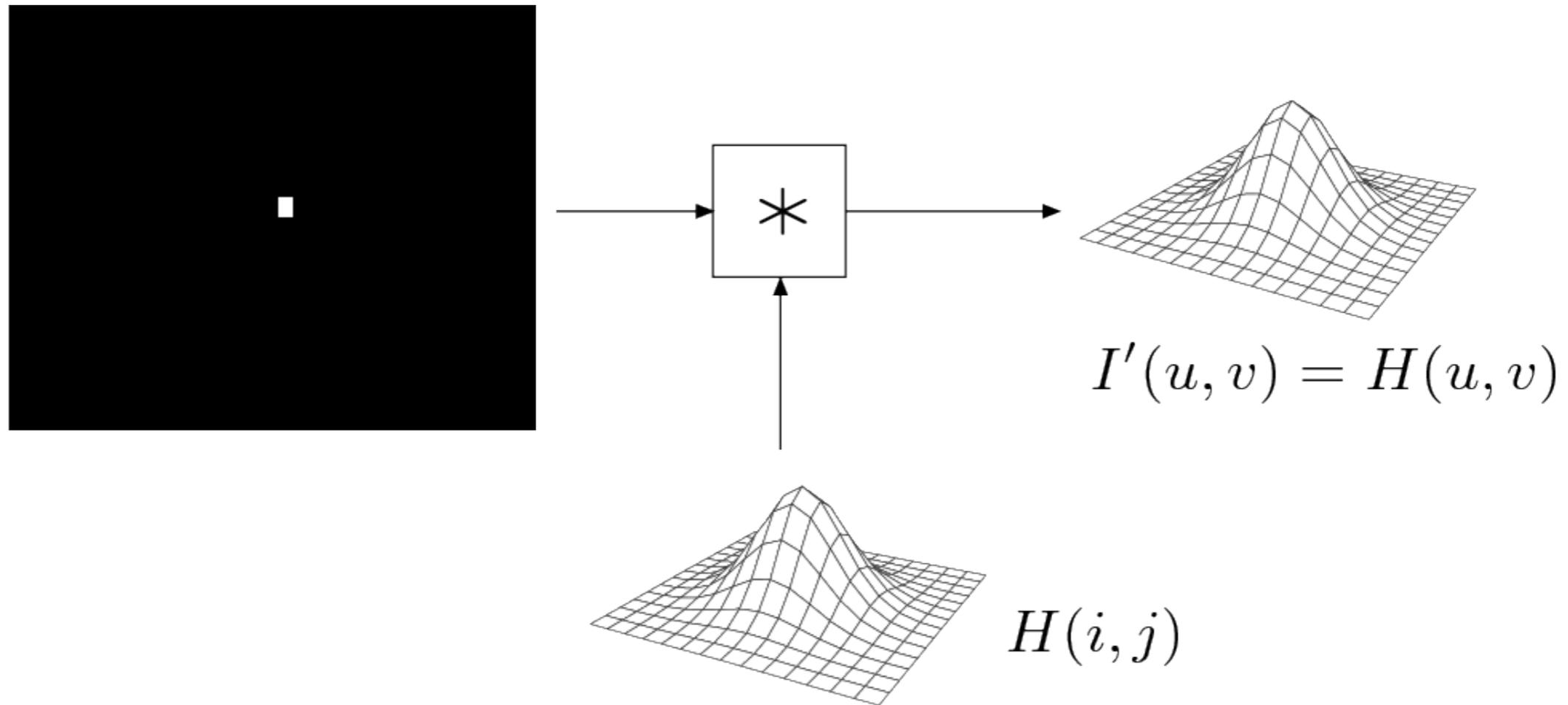
- ¿Cuál es la respuesta del filtro cuando la entrada es una Delta (un impulso, un punto de luz)?



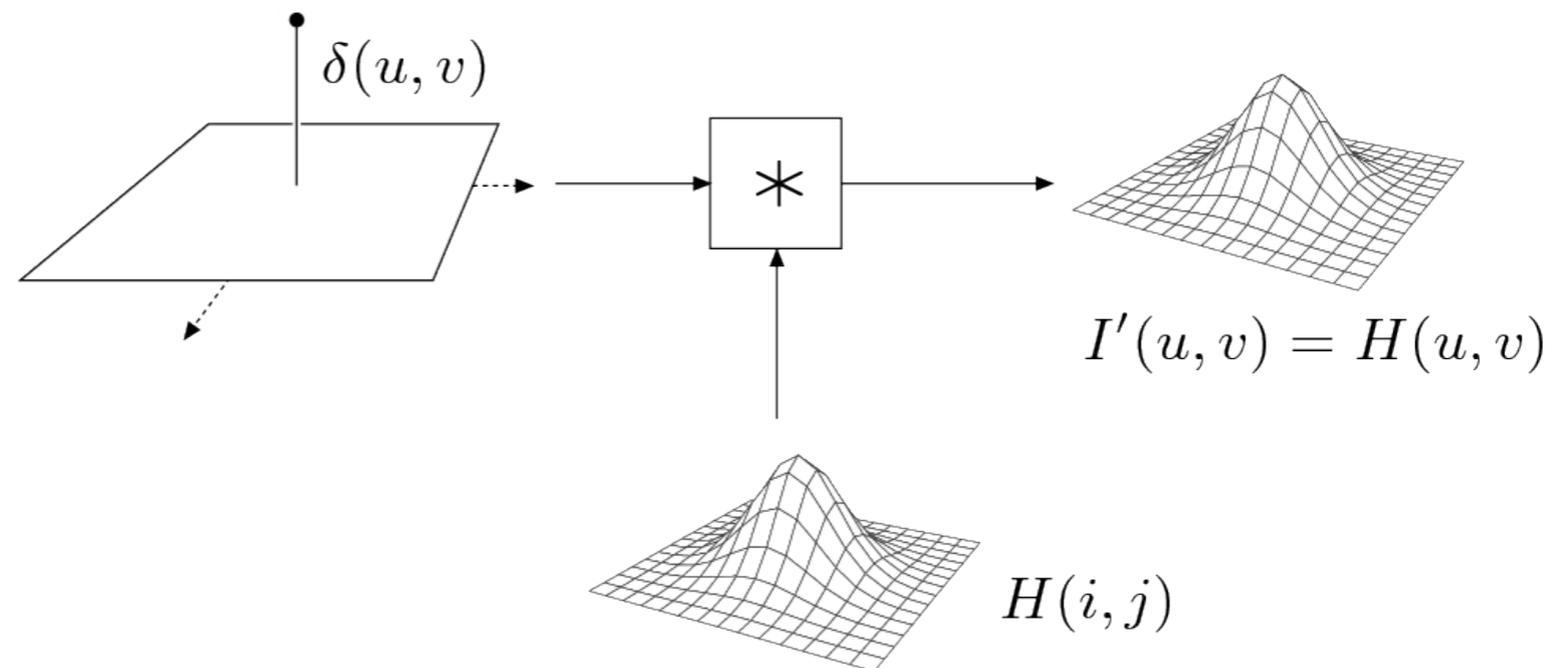
# Filtrado lineal $\leftrightarrow$ Convolución



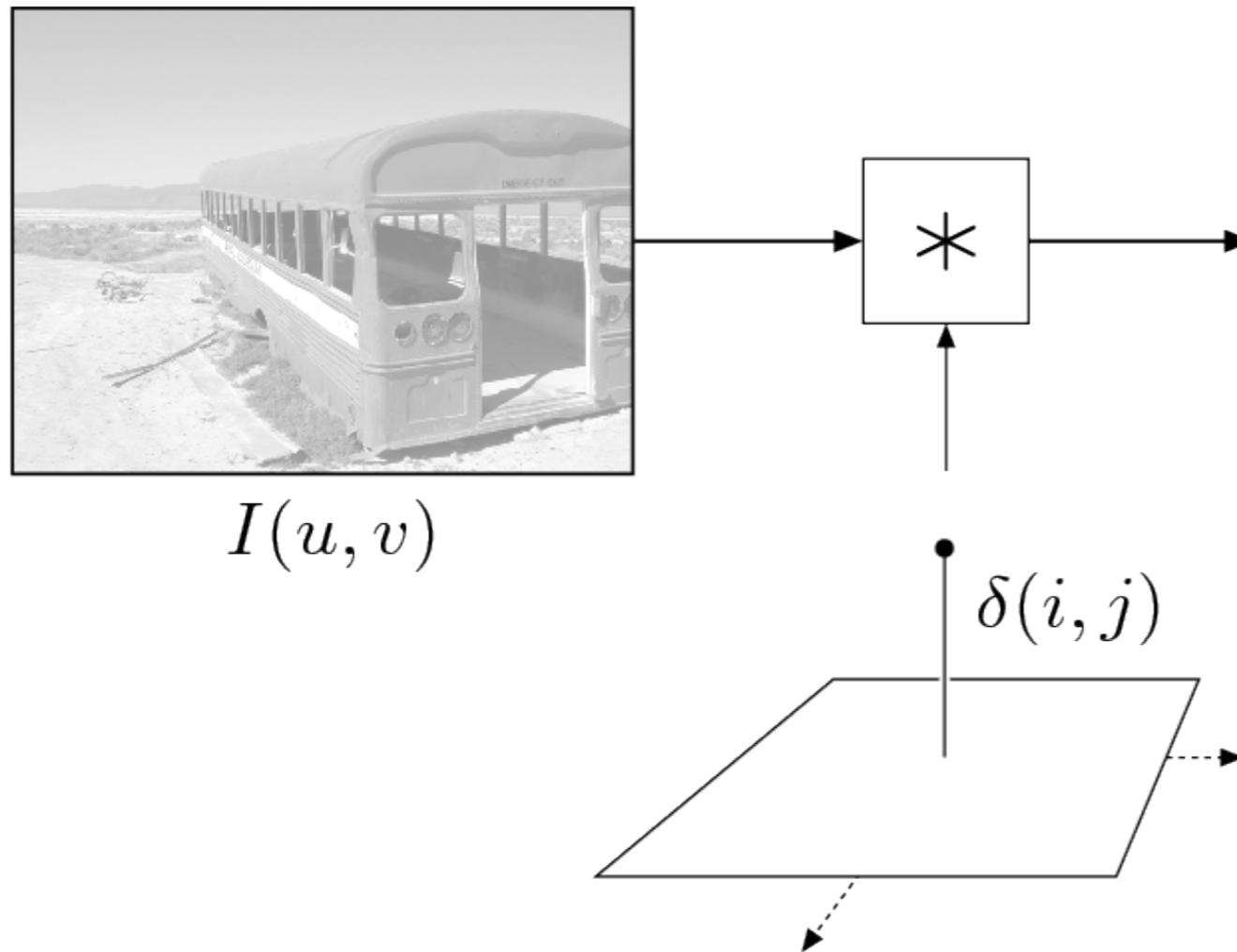
- La respuesta al impulso del filtro coincide con el núcleo o matriz del filtro



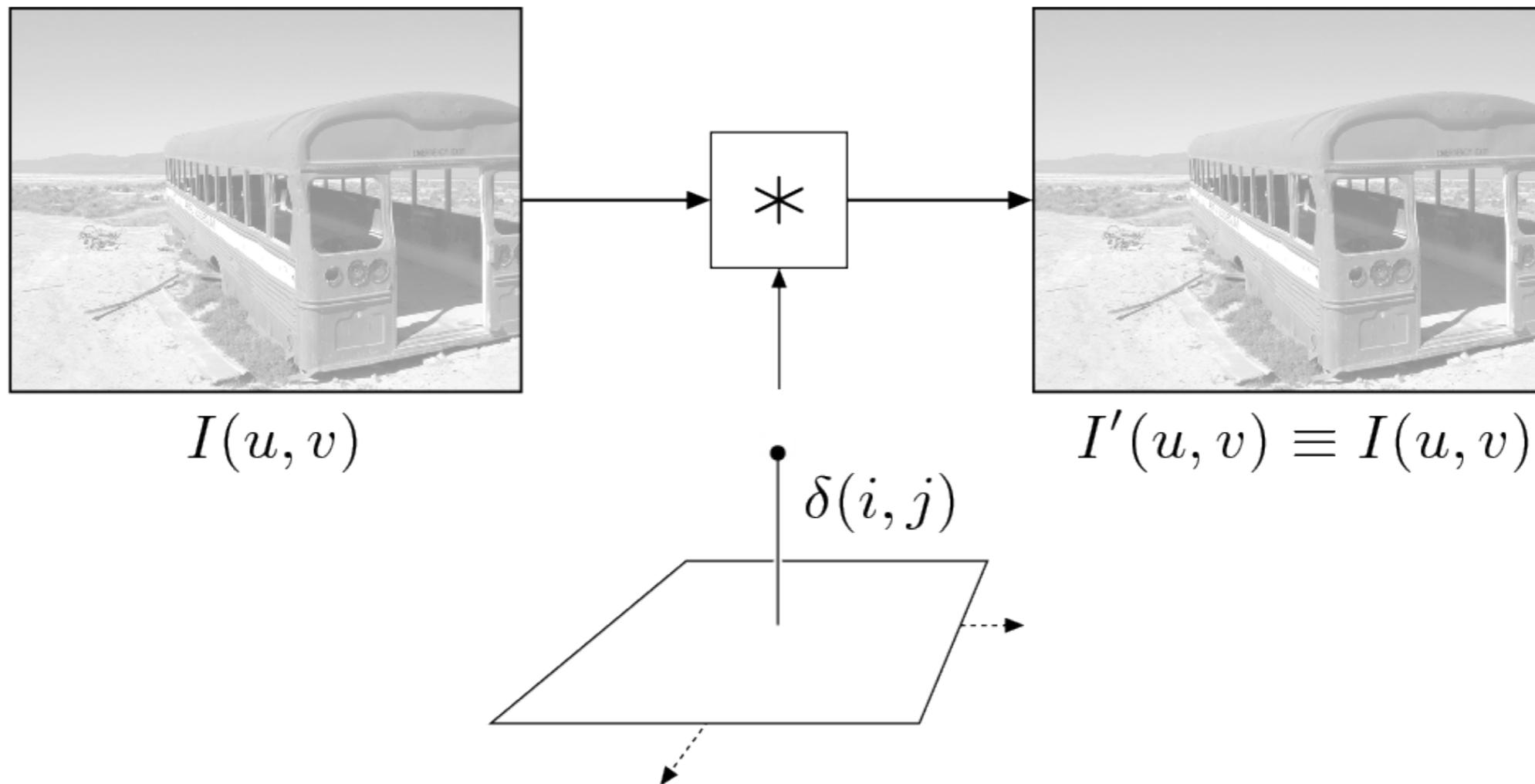
- Caracteriza completamente el filtro lineal
- Es el núcleo de convolución del filtro
- Es la salida cuando la entrada es un punto de luz
  - Muestra como el sistema lineal dispersa ese punto de luz
  - Por eso se le llama: Point Spread Function (PSF)



- ¿Cómo es la relación entre la salida y la entrada cuando el filtro tiene como núcleo una Delta ?



- ¿Cómo es la relación entre la salida y la entrada cuando el filtro tiene como núcleo una Delta ?



- Lo que estamos viendo para filtros es general para sistemas lineales
- Por ejemplo, la formación de la imagen en un microscopio se puede modelar como un sistema lineal
  - La imagen adquirida es la salida de la imagen ideal pasada por ese sistema lineal
  - La PSF caracteriza a ese sistema lineal
  - Cuanto más se aparte la PSF de una Delta mayor será la diferencia entre la imagen adquirida y la ideal.

- Abrir una imagen
- Duplicar la imagen
  - Menú Image → Duplicate...
  - Sobre la imagen: Botón derecho → Duplicate
- Probar filtrado lineal
  - Menú Process
    - Smooth
    - Sharpen
  - Menú Filters → Gaussian blur
  - Menú Filters → Convolve

- Probar con diversos núcleos en Process > Filter > Convolve...

Sobel operators

|    |   |   |
|----|---|---|
| -1 | 0 | 1 |
| -2 | 0 | 2 |
| -1 | 0 | 1 |

|    |    |    |
|----|----|----|
| -1 | -2 | -1 |
| 0  | 0  | 0  |
| 1  | 2  | 1  |

→

↓

Laplaciano

|    |    |    |
|----|----|----|
| -1 | -1 | -1 |
| -1 | 8  | -1 |
| -1 | -1 | -1 |

|    |    |    |
|----|----|----|
| 0  | -1 | 0  |
| -1 | 4  | -1 |
| 0  | -1 | 0  |

Suavizado

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

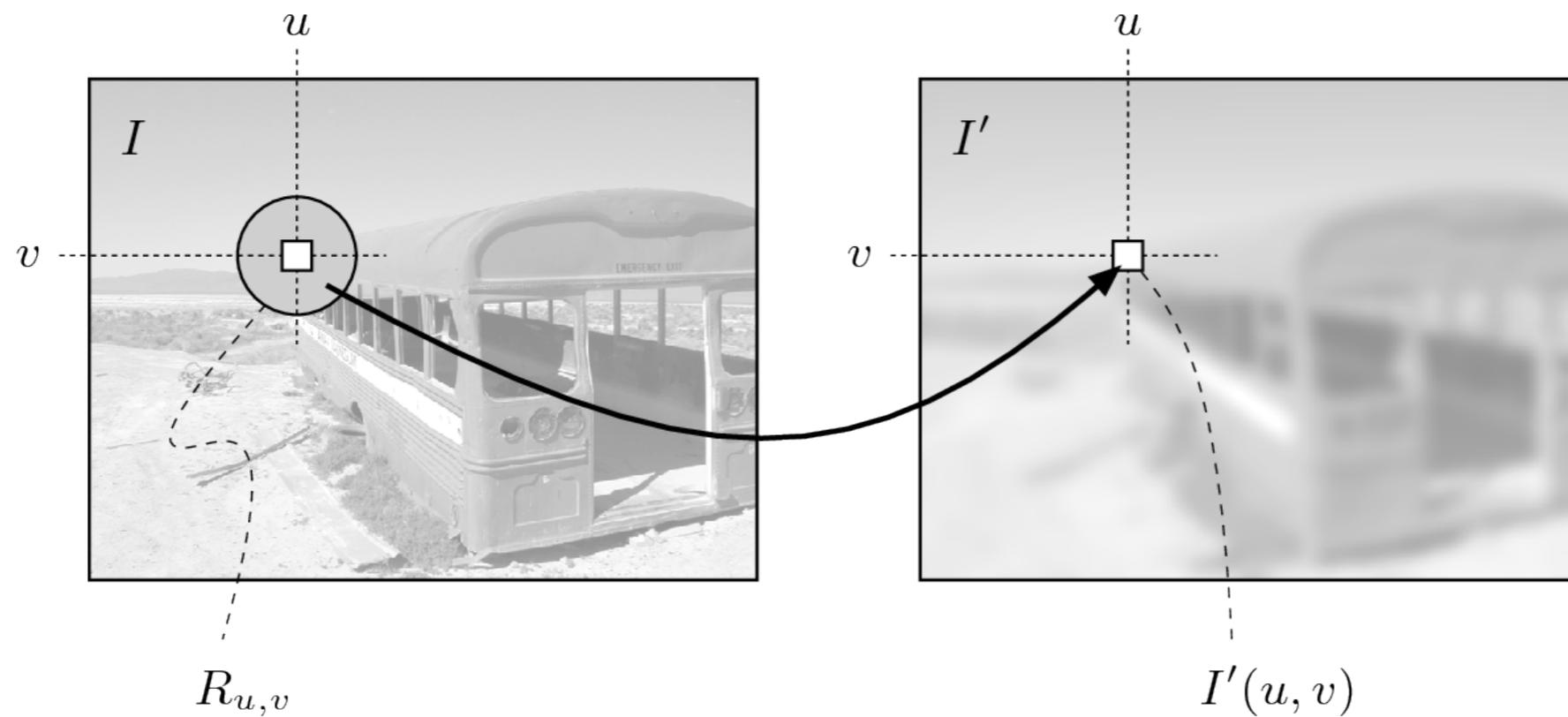
1/9

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 1 |
| 2 | 4 | 2 |
| 1 | 2 | 0 |

1/16

aproximación  
gaussiana

- Un filtro no lineal combina pixeles de la región de soporte mediante alguna operación no lineal
- Ejemplos de operaciones no lineales: máximo, mínimo, mediana, ...



Original



Radio = 2



Radio = 10



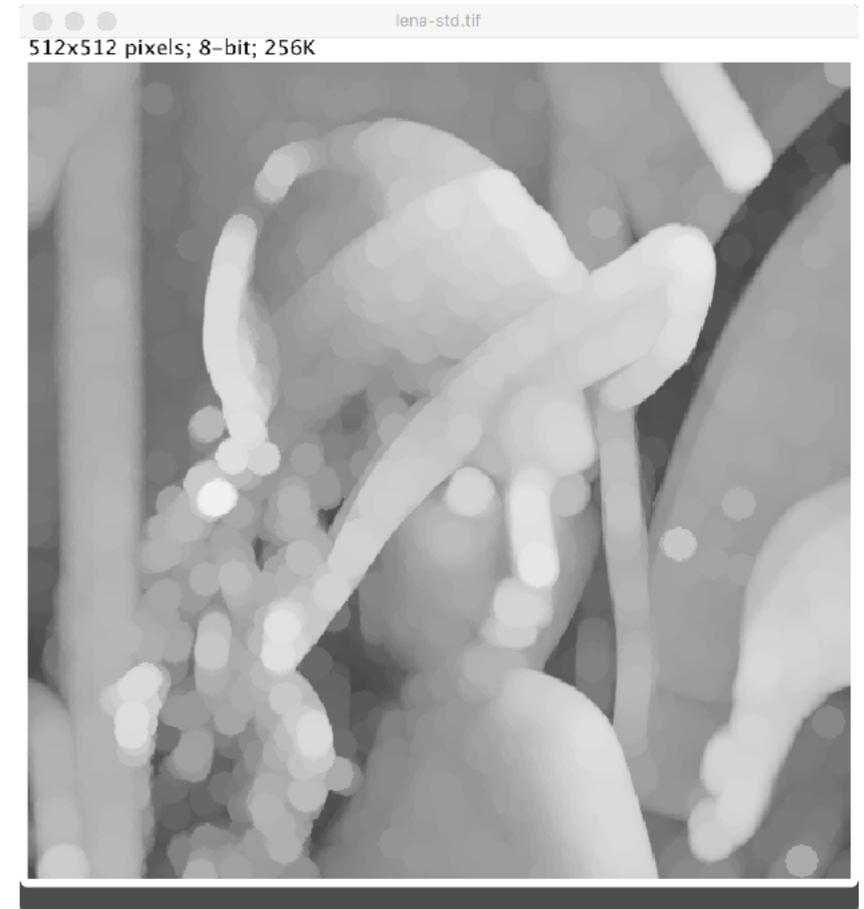
Original



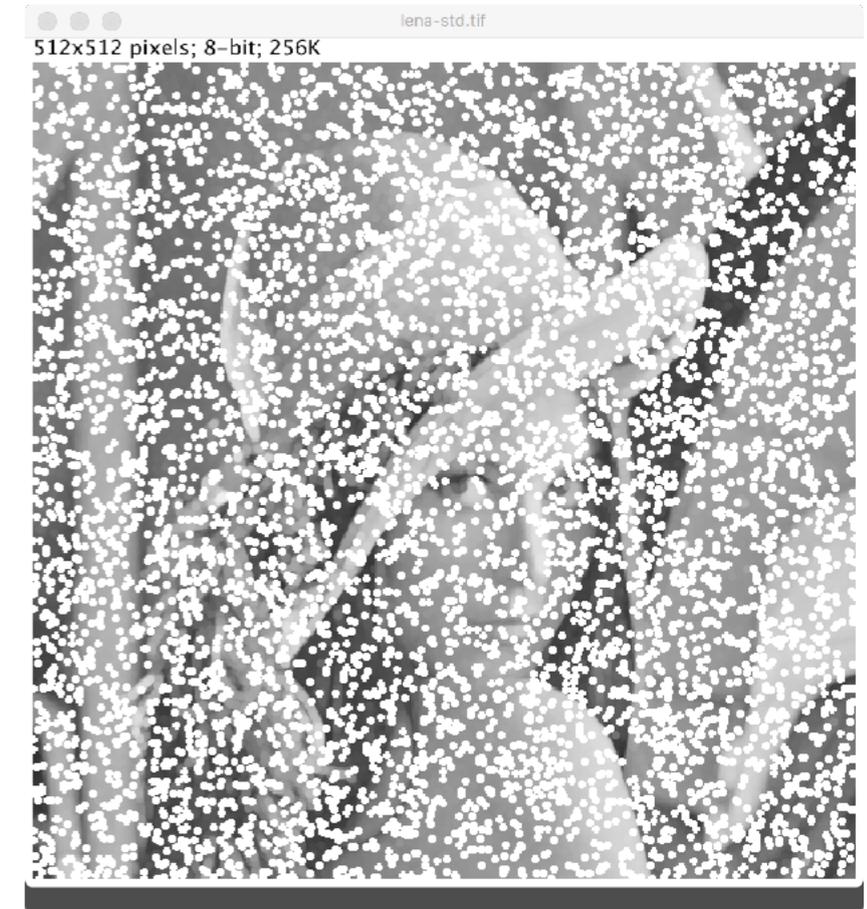
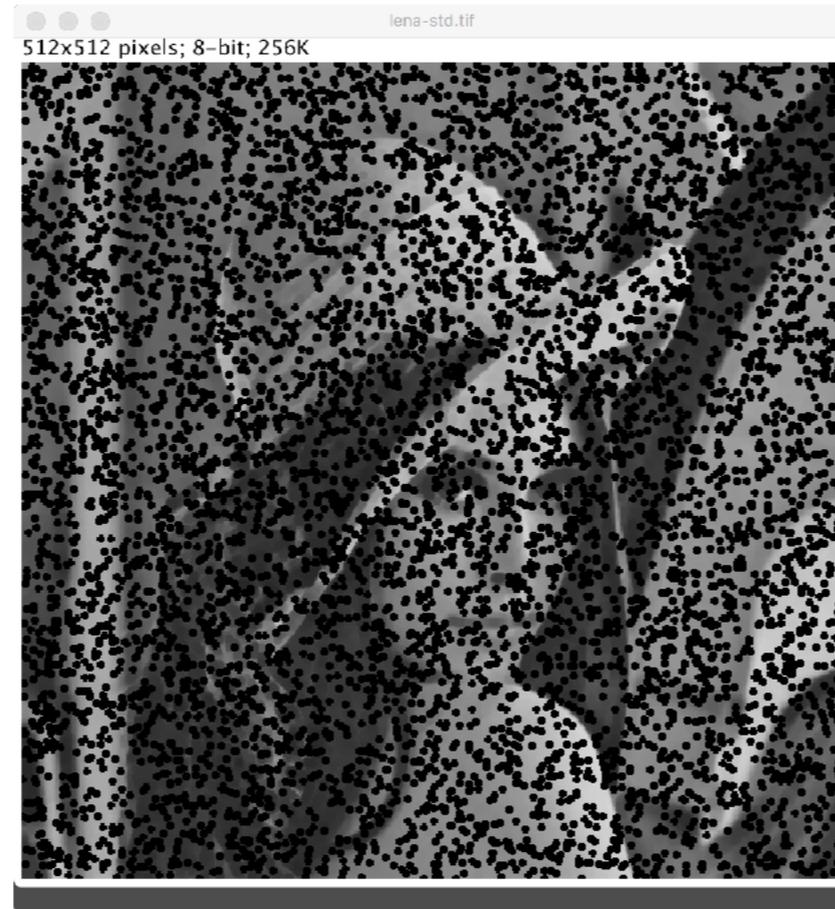
Radio = 2



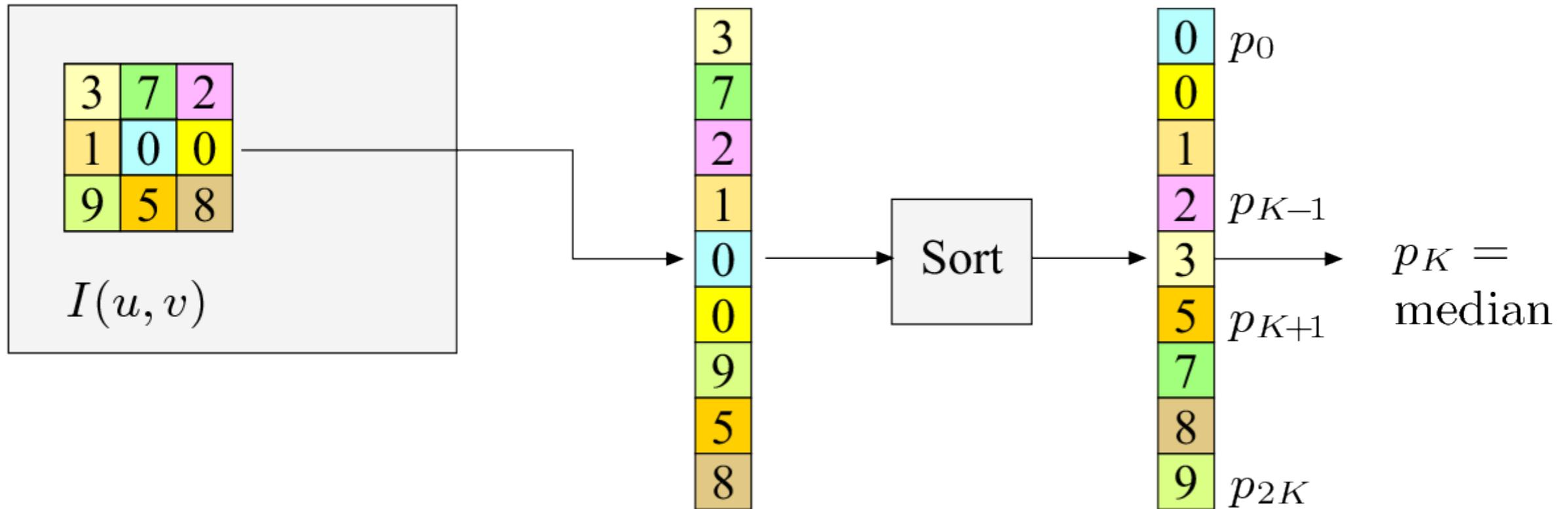
Radio = 10



# Máximo y mínimo sobre ruido sal y pimienta



$$I'(u, v) \leftarrow \text{median} \{I(u+i, v+j) \mid (i, j) \in R\}$$



Original con ruido sal y pimienta



Radio = 1

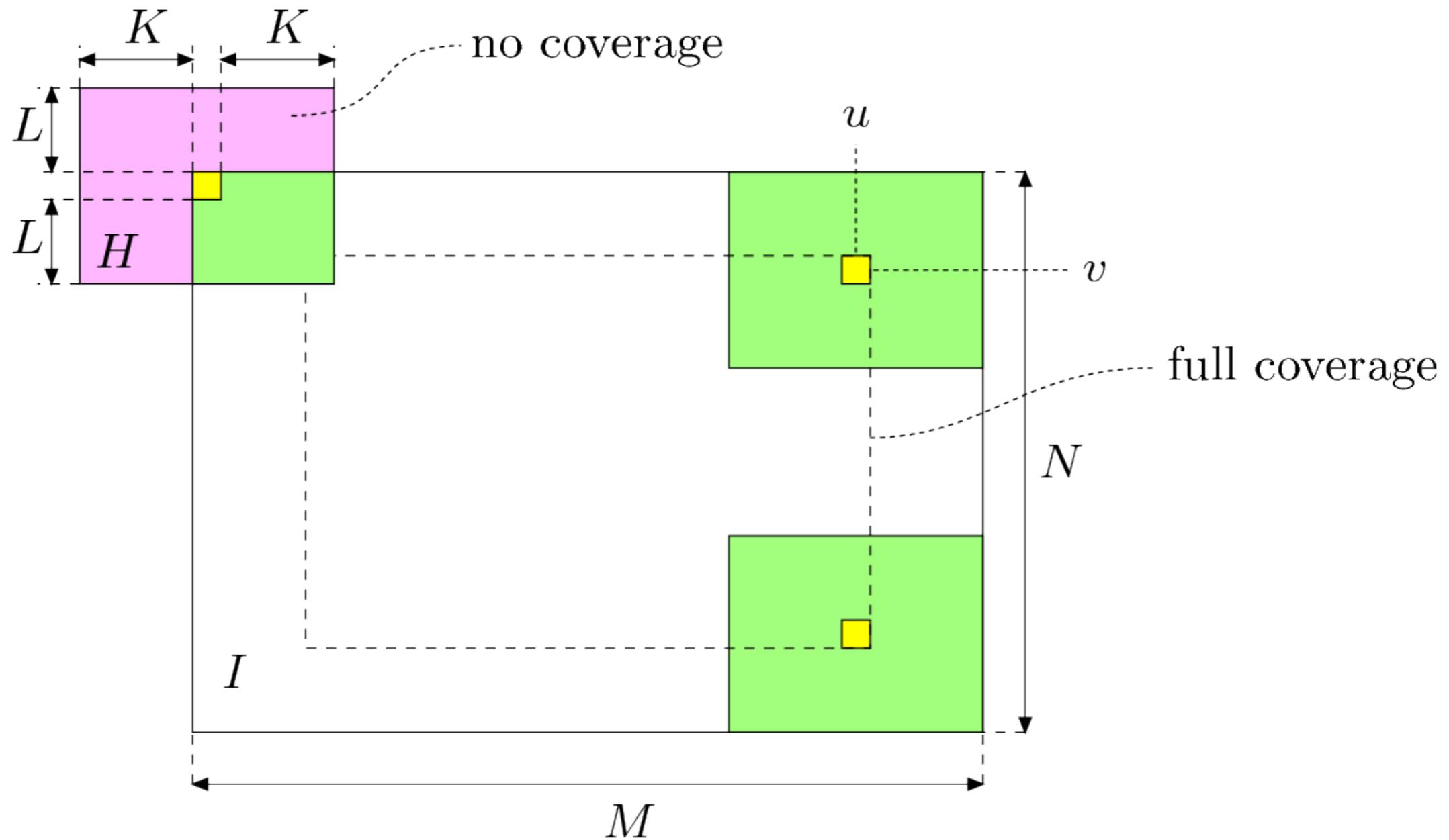


Radio = 2



- Abrir una imagen
- Duplicar la imagen
- Menú Image → Duplicate...
- Sobre la imagen: Botón derecho → Duplicate
- Probar filtrado no lineal
- Menú Filters
  - Maximum
  - Minimum
  - Median
- Probar con varios radios

- ¿Qué pasa al filtrar en los extremos de la imagen?



- ¿Qué pasa al filtrar en los extremos de la imagen?
- En general se “agregan” pixeles alrededor de los bordes con algún criterio (padding)
  - Pixeles agregados con valor constante
  - Se repiten los pixeles del borde de la imagen
  - Se espeja la imagen por el borde
  - Se periodiza la imagen
- ¿Qué es lo que hace Fiji al filtrar?

- Distintos tipos de padding



(a)



(b)



(c)



(d)