Descriptores de imágenes II

Visión por Computador, curso 2024-2025

Silvia Martín Suazo, silvia.martin@u-tad.com

10 de octubre de 2024

U-tad | Centro Universitario de Tecnología y Arte Digital

Invarianzas

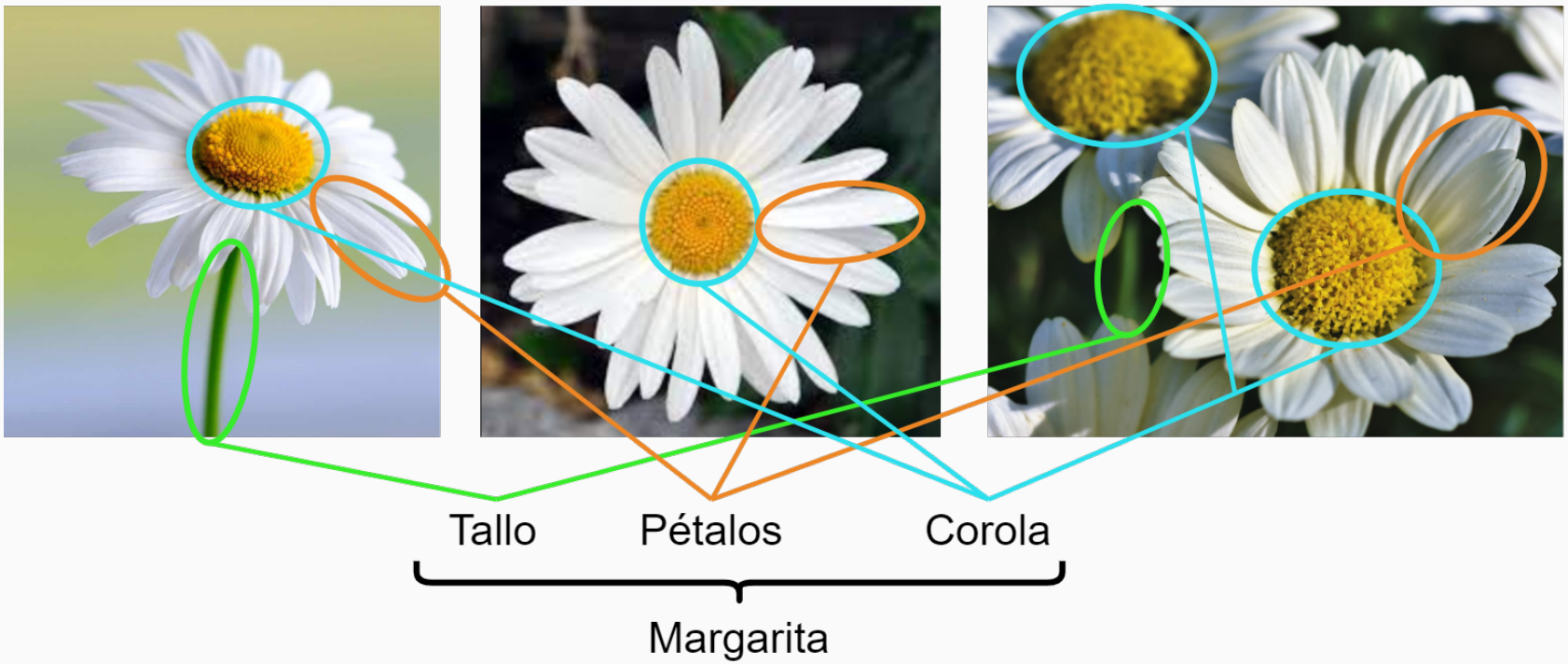
La variabilidad de las imágenes

Uno de los mayores problemas a la hora de tratar con imágenes es que el mismo objeto puede aparecer de maneras muy diversas dependiendo de la imagen que se capture.



El algoritmo “perfecto”

Un buen algoritmo que procese estas imágenes, debería ser capaz de extraer la información relevante de la imagen, a pesar de las condiciones en las que se capturó esta.



Invarianzas

Estas características se conocen como invarianzas a distintos factores.

Una invarianza consiste en que un algoritmo responde de la misma manera ante distintas variaciones en distintos aspectos de una imagen.

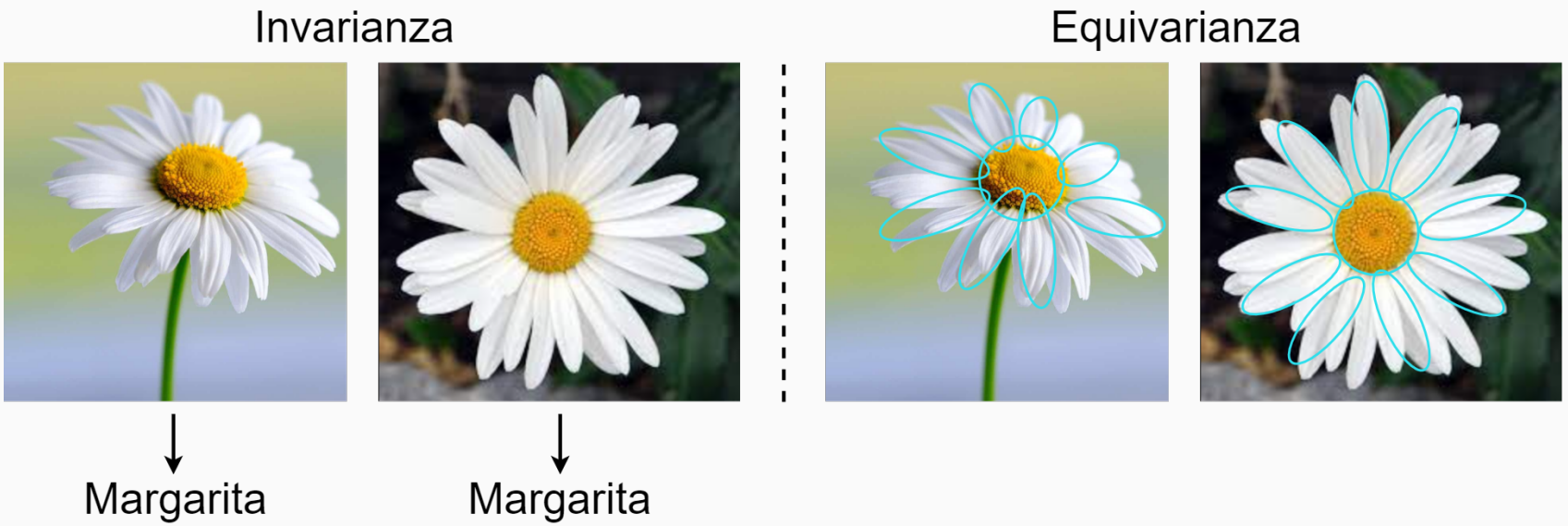
Las invarianzas más importantes son:

- Invarianza a la translación
- Invarianza a la rotación
- Invarianza a la escala
- Invarianza a la iluminación

Equivarianza

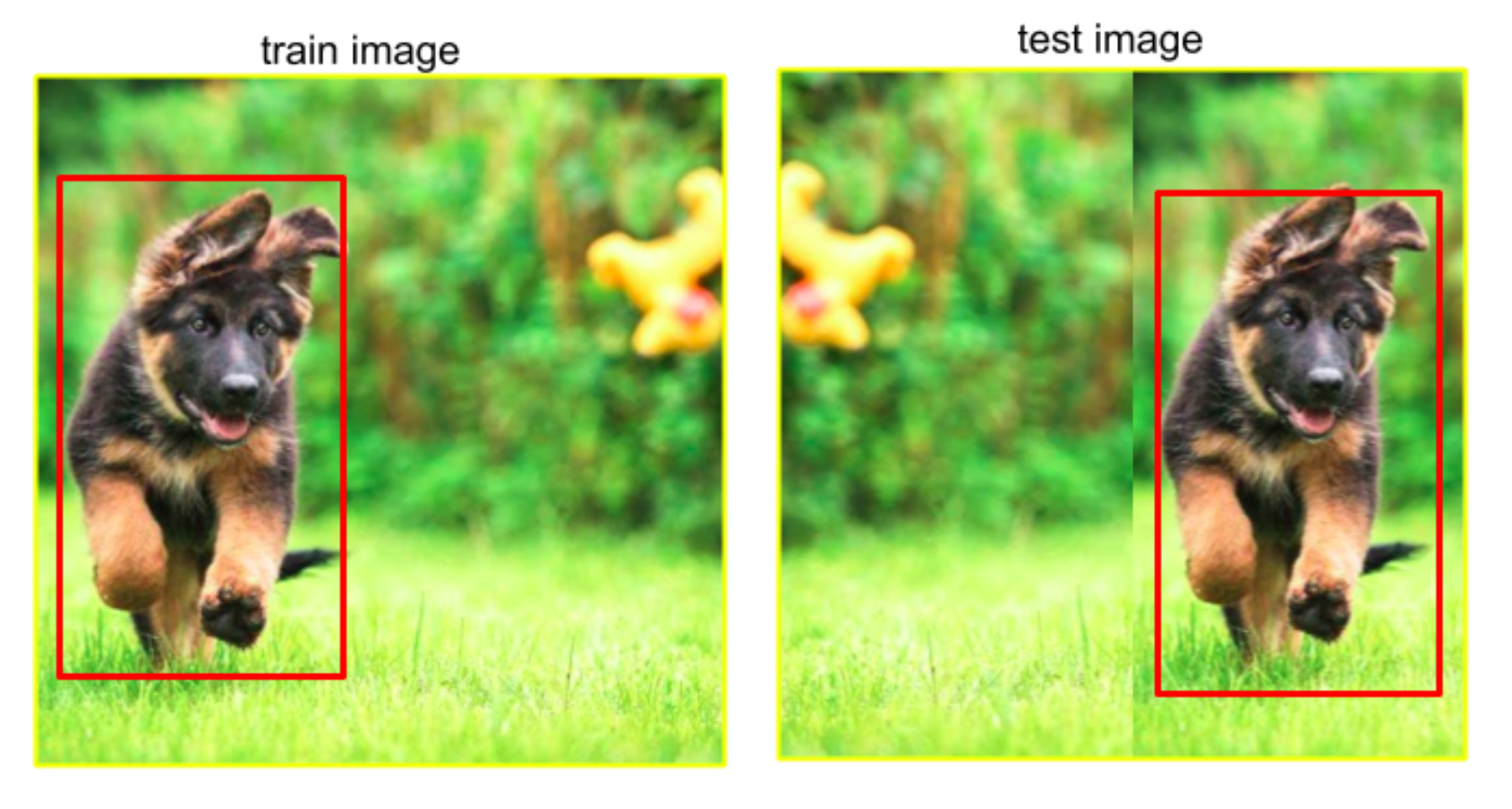
El término equivarianza es muy similar al de invarianza, sin embargo difieren en detalles que hacen que muchas veces se use invarianza de manera indistinta.

Un algoritmo equivariante debe tratar de la misma manera una imagen y su transformación, mientras que con la invarianza se busca obtener la misma salida para ambos casos.



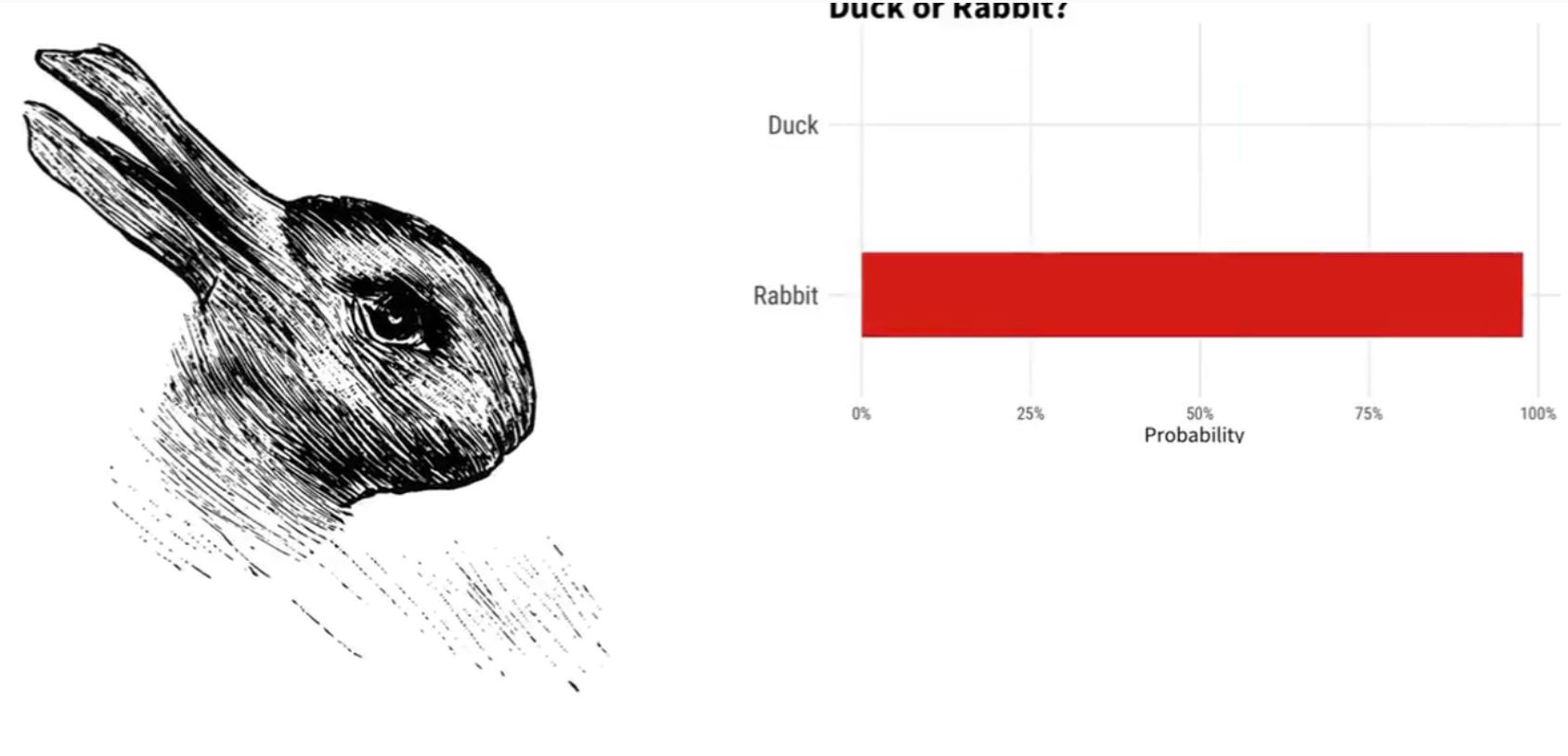
Invarianza a la translación

Conocida como *translation invariance* o *shift invariance* depende de la posición del objeto dentro de la imagen.



Invarianza a la rotación

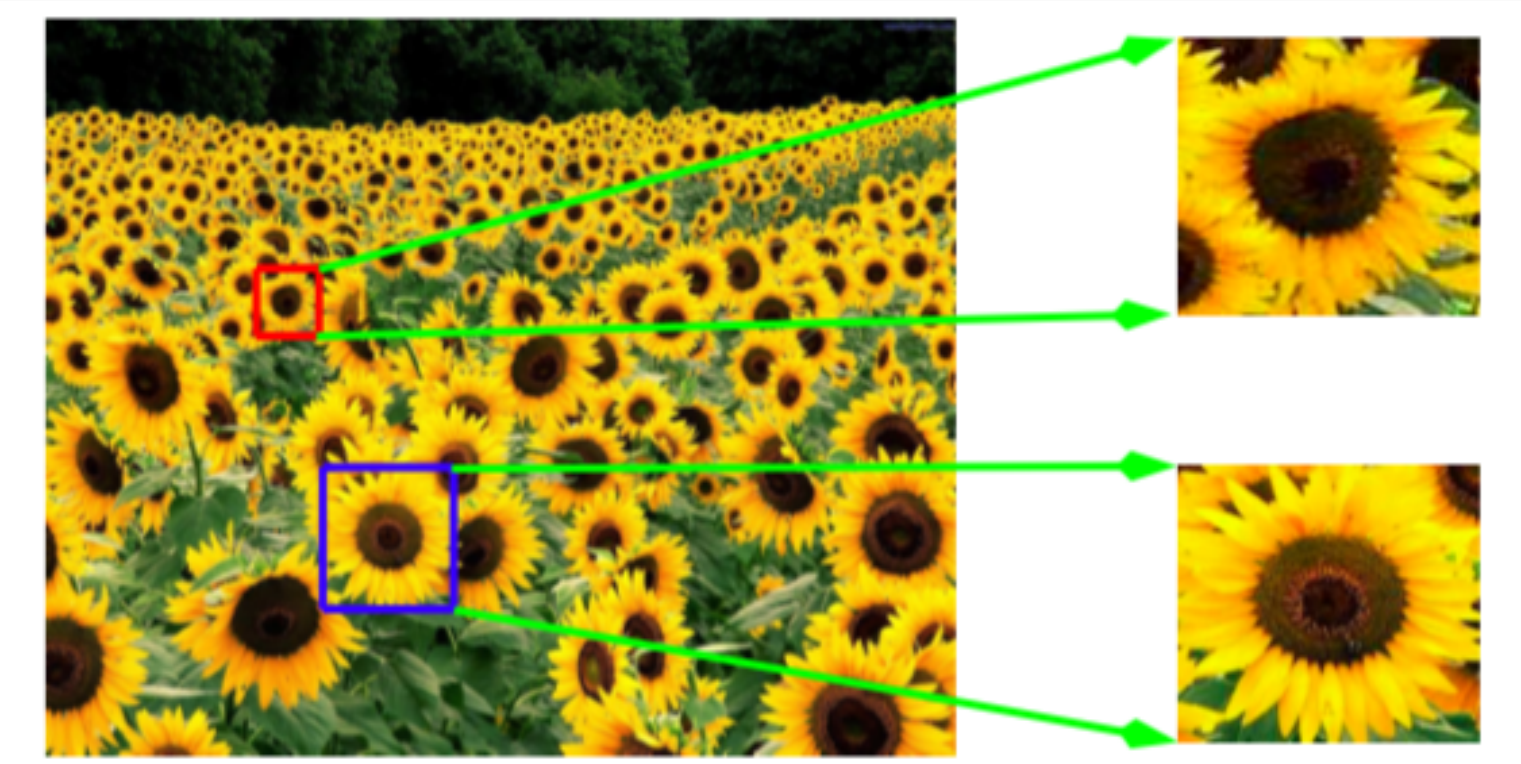
La invarianza a la rotación depende del ángulo con el que se represente el objeto en la escena.



Vídeo twitter [1]

Invarianza a la rotación

La invarianza a la escala depende del tamaño del objeto en la escena.



[2]

Invarianza a la iluminación

La invarianza a la iluminación depende de las condiciones fotográficas con las que se ha capturado la imagen.

[3]

Algoritmos de descripción de imágenes

Notebook de ejemplos de descriptores

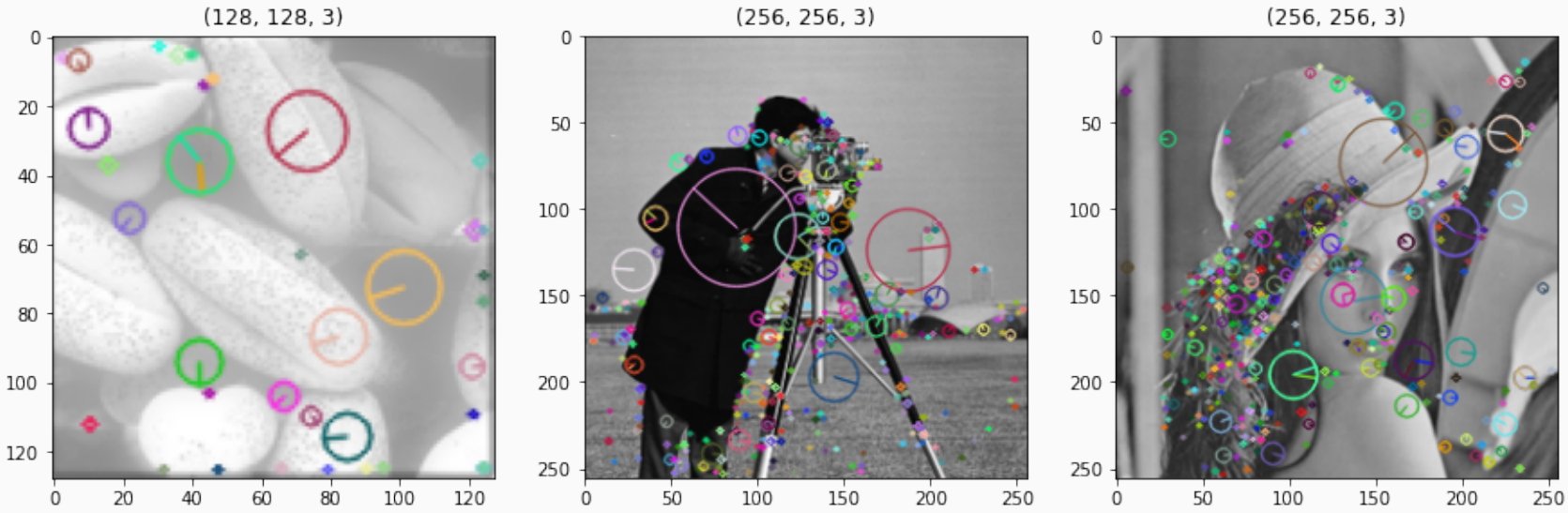
Los algoritmos que se explicarán a continuación pueden ser observados de manera práctica en el siguiente notebook.

- 02.06-Descriptores.ipynb

Algoritmo SIFT

El algoritmo Scale-Invariant Feature Transform (SIFT)[4] presenta otra aproximación para la descripción de imágenes centrada en tratar imágenes de distintas escalas de manera igual.

De esta manera, se pretende que dos imágenes iguales, pero de distinto tamaño, actúen de la misma forma.



Algoritmo SIFT

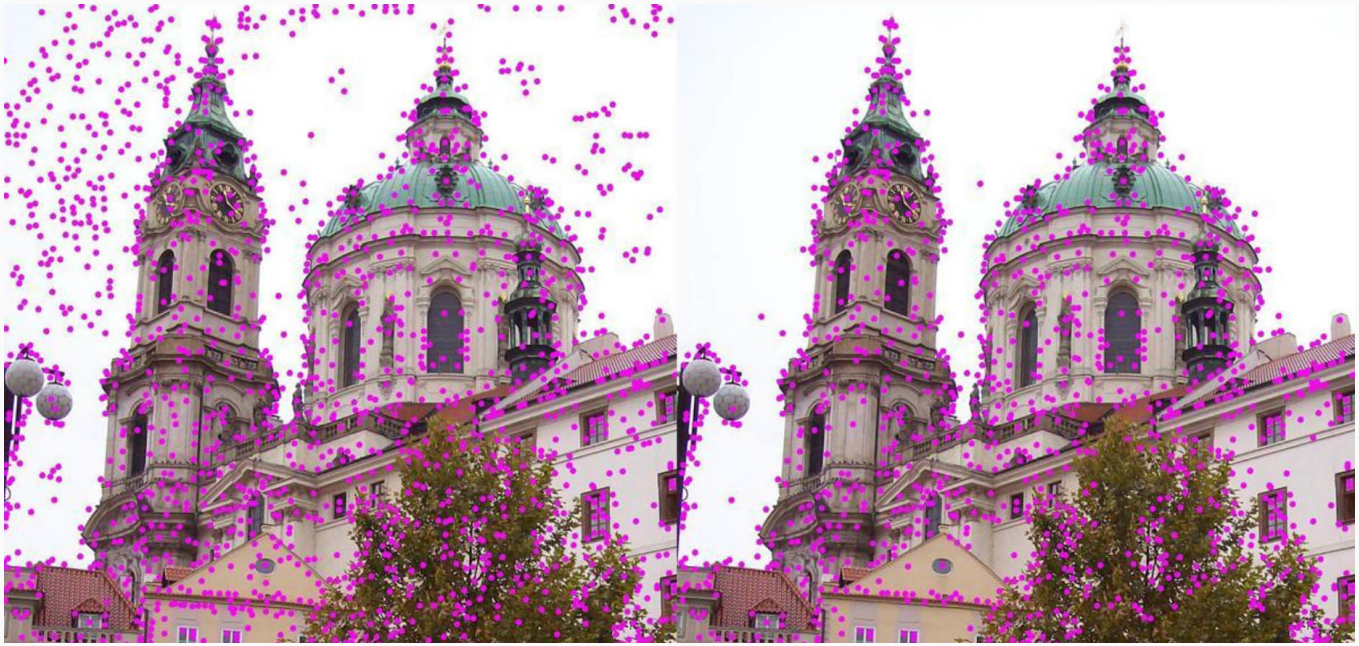
El algoritmo puede dividirse en cuatro pasos diferenciados:

1. **Detección de puntos de interés:**
   Para seleccionar una primera lista de candidatos para describir a la imagen original se aplica un algoritmo como la Laplaciana de la Gaussiana o la diferencia Gaussiana.
   Esta identifica los potenciales puntos de interés a distintas escalas.

Algoritmo SIFT

El algoritmo puede dividirse en cuatro pasos diferenciados:

2. **Localización de los puntos de interés:**
   Durante este paso se realiza un refinado de los puntos detectados anteriormente.
   Para ello se utiliza el determinante del Hessiano de los puntos detectados anteriormente. Por las propiedades del Hessiano serán eliminados los puntos que sean inestables.

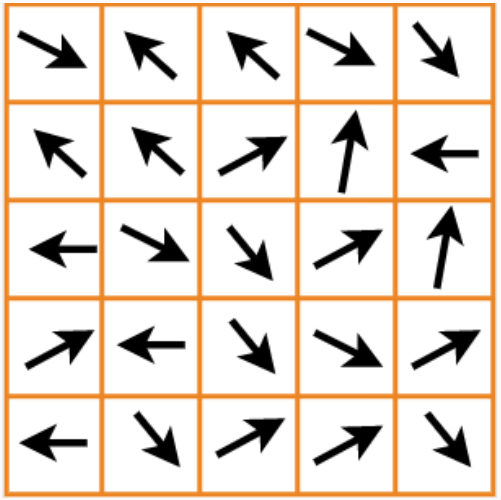


[5]

Algoritmo SIFT

El algoritmo puede dividirse en cuatro pasos diferenciados:

3. **Orientación a los puntos de interés:**
   Se crea un histograma de orientación con 36 barras (debido a los 360º de giro). Se define un vecindario de puntos para cada punto de interés, para cada vecino se calcula su orientación. Por último, se crea una única orientación juntando las direcciones de los vecinos.



** con esto se consigue una invarianza a la rotación.*

Algoritmo SIFT

El algoritmo puede dividirse en cuatro pasos diferenciados:

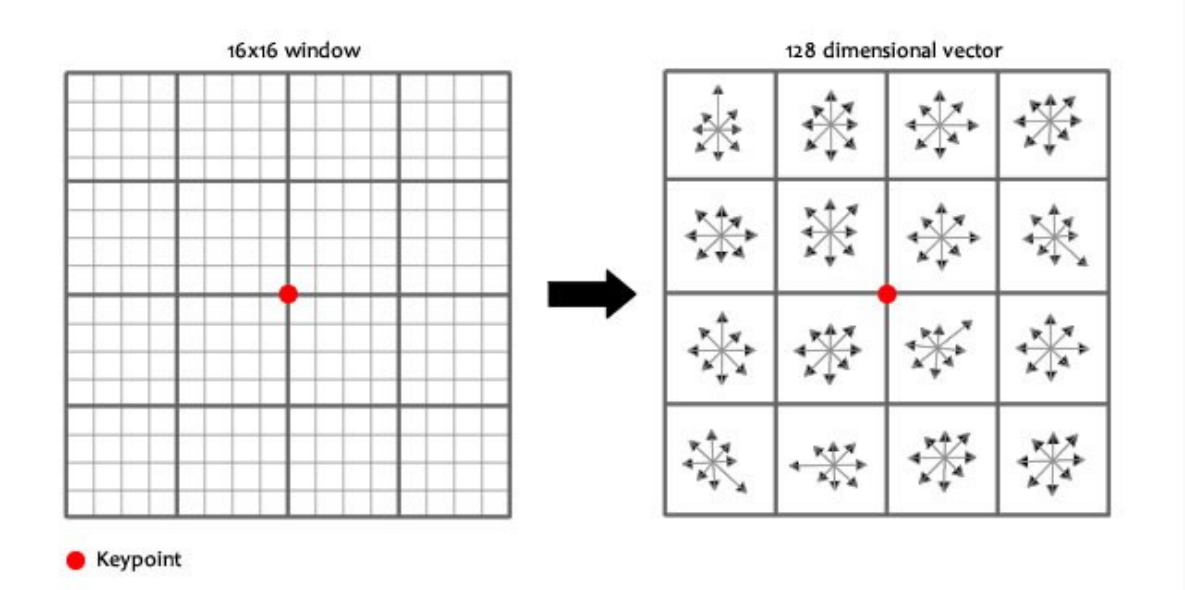
4. **Generación del descriptor:**
   Para generar el descriptor final de la imagen se define un vecindario de 16x16 píxeles alrededor de cada punto de interés. Esta región se divide en 16 bloques de 4x4, para cada bloque se genera un histograma de orientación de 8 barras. Estas 128 barras generan un vector que describe cada punto de interés.

** con esto se consigue generar un descriptor único para cada punto de interés.*

Algoritmo SIFT

El algoritmo puede dividirse en cuatro pasos diferenciados:

4. Generación del descriptor:



** con esto se consigue generar un descriptor único para cada punto de interés.*

Algoritmo SIFT

5. *(Opcional)***Correspondencia de puntos de interés:** Se utilizan técnicas como la distancia euclidiana para encontrar correspondencias de puntos clave entre dos imágenes.

Algoritmo SURF

El algoritmo de Speeded-Up Robust Features (SURF)[6] se centra en ser computacionalmente rápido respecto a sus predecesores.

La principal innovación de este algoritmo es el uso de filtros de caja, que permiten ser usado en tiempo real.

Este algoritmo funciona como una aproximación del Determinante del Hessiano.

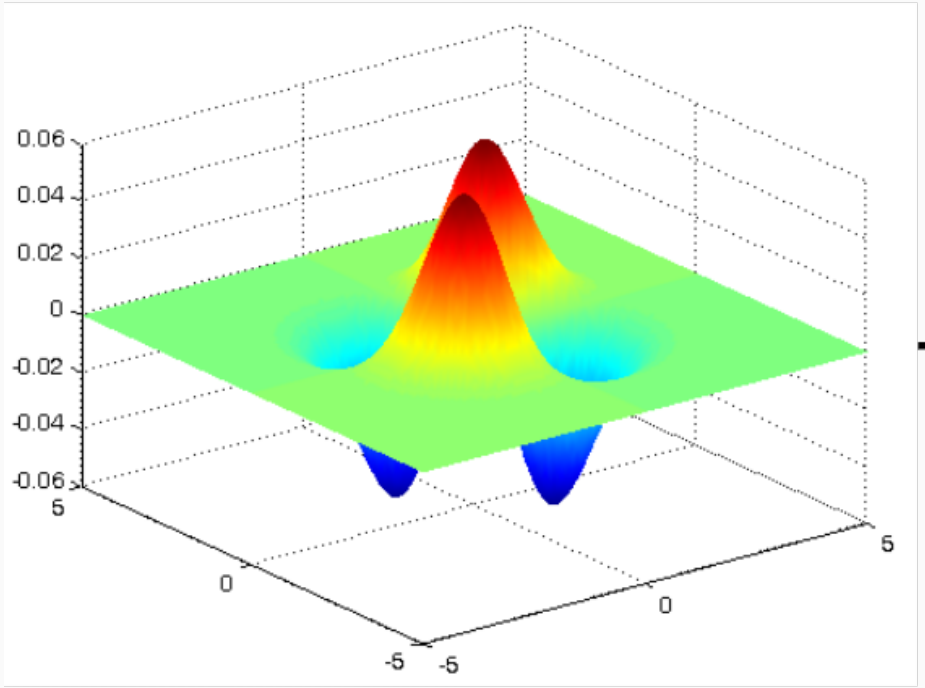
Algoritmo SURF

El algoritmo puede dividirse en cuatro pasos diferenciados:

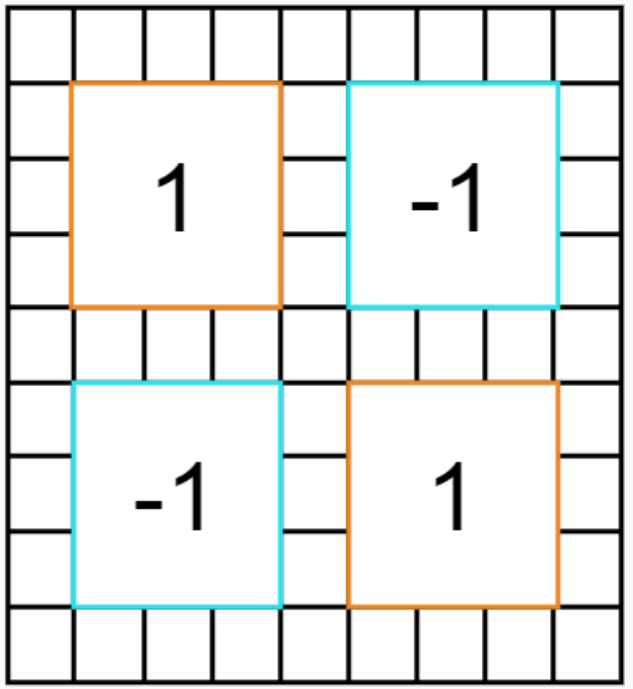
1. **Detección de puntos de interés:**

Algoritmo SURF

Los filtros de caja presentados en este trabajo consisten en aproximaciones para las derivadas parciales de la función Gaussiana. Para ello se definen filtros de 9x9 píxeles. La derivada parcial respecto a *xy* se puede expresar como:



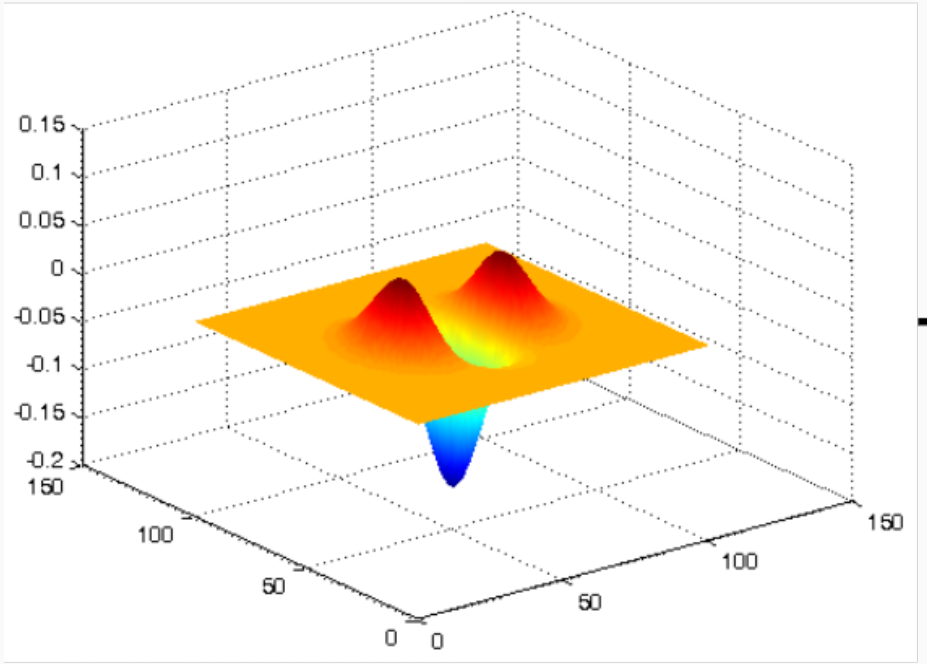
[7]



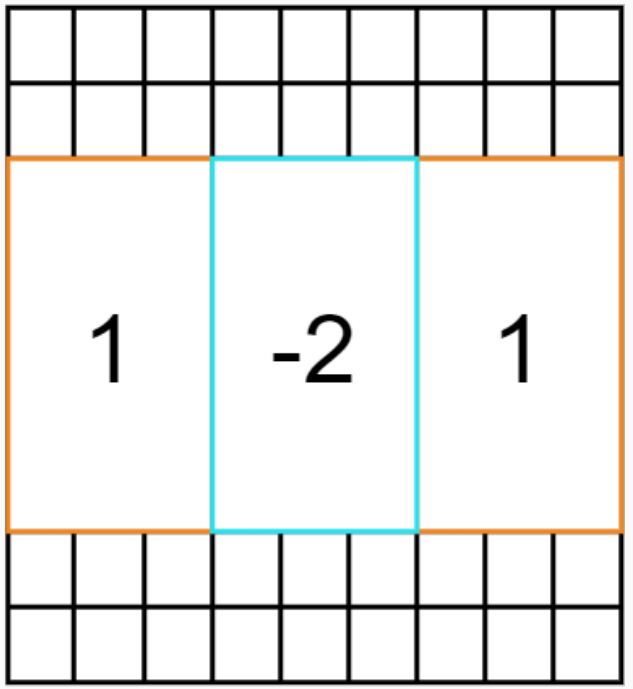
Algoritmo SURF

Los filtros de caja presentados en este trabajo consisten en aproximaciones para las derivadas parciales de la función Gaussiana. Para ello se definen filtros de 9x9 píxeles.

La derivada parcial respecto a *xx* se puede expresar como:



[7]



Algoritmo SURF

De esta manera, el determinante de la Hessiana se puede calcular de manera aproximada a través de la siguiente ecuación:

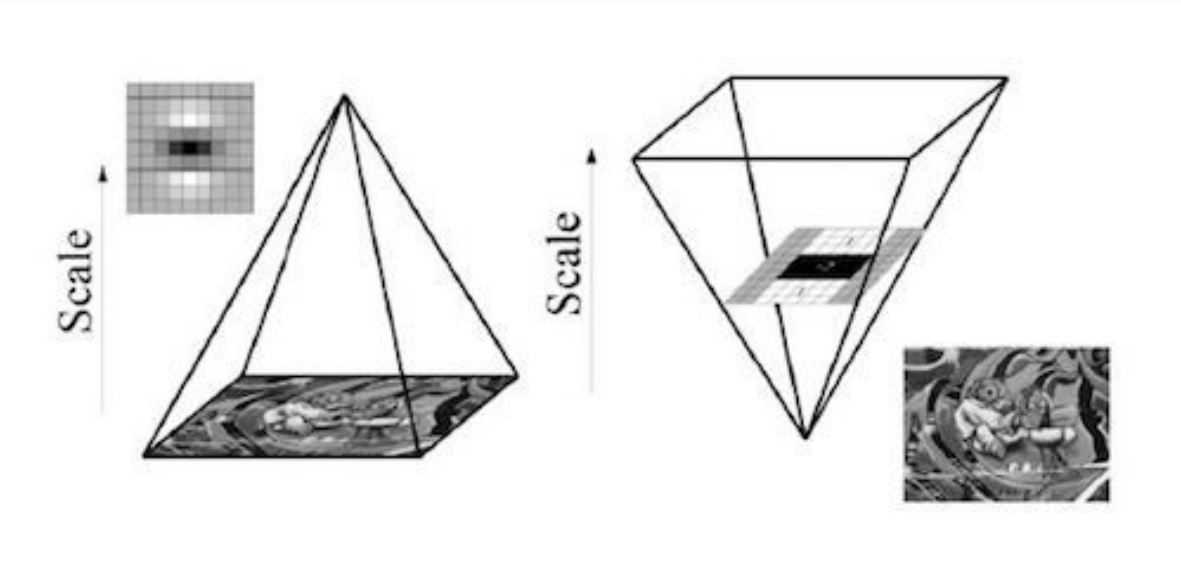
$$\det\left(H_{\text{approx}}\right) = D_{xx}D_{yy} - \left(wD_{xy}\right)^2 \tag{1}$$

donde se sugiere que el valor de w sea de 0.9.

Algoritmo SURF

Uno de los aspectos donde cobra especial relevancia la aproximación a las derivadas de la Gaussiana es a la hora de calcular puntos a distinta escala.

Para calcular los puntos de interés a distintas escalas basta con escalar el filtro de 9x9 píxeles a 15x15, 21,21, etc.



[8]

** con esto se consigue invarianza en cuanto al tamaño.*

Algoritmo SURF

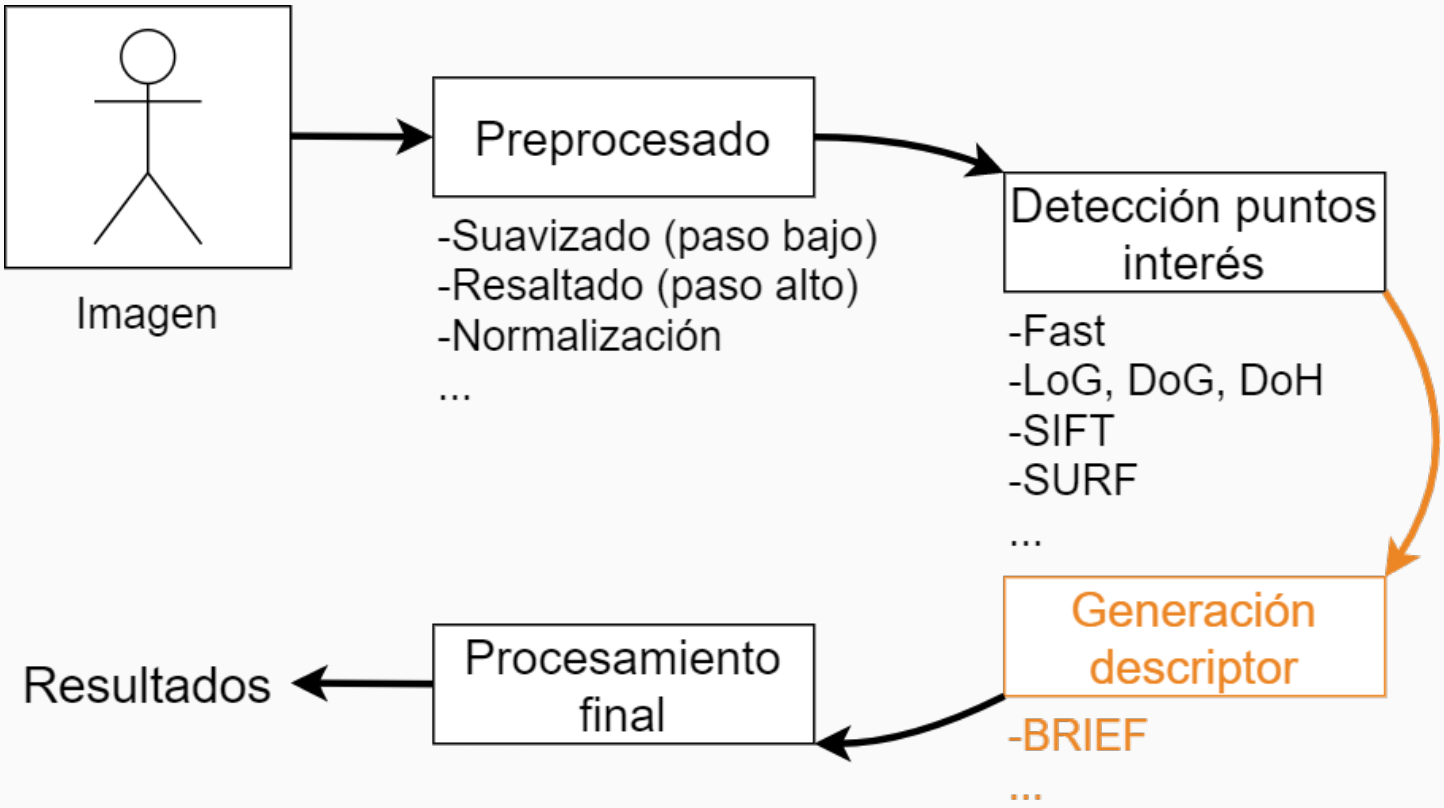
El algoritmo puede dividirse en cuatro pasos diferenciados:

1. Detección de puntos de interés.
2. Determinación de la orientación: se asigna una orientación a cada punto identificado para el descriptor sea invariante a la rotación.
3. Generación del descriptor: se generan filtros basándose en filtros Haal.
4. *(Opcional)* Coincidencia de puntos clave.

Descripción de imágenes en el procesado de imágenes

Una vez las estructuras más relevantes han sido extraídas de las imágenes, es necesario organizar dicha información para poder ser tratada adecuadamente.

Este paso prepara la información que se ha obtenido anteriormente para ser procesada y generar los resultados finales.



Algoritmo BRIEF

El algoritmo Binary Robust Independent Elementary Features (BRIEF) es un algoritmo para la generación de descriptores de imágenes.

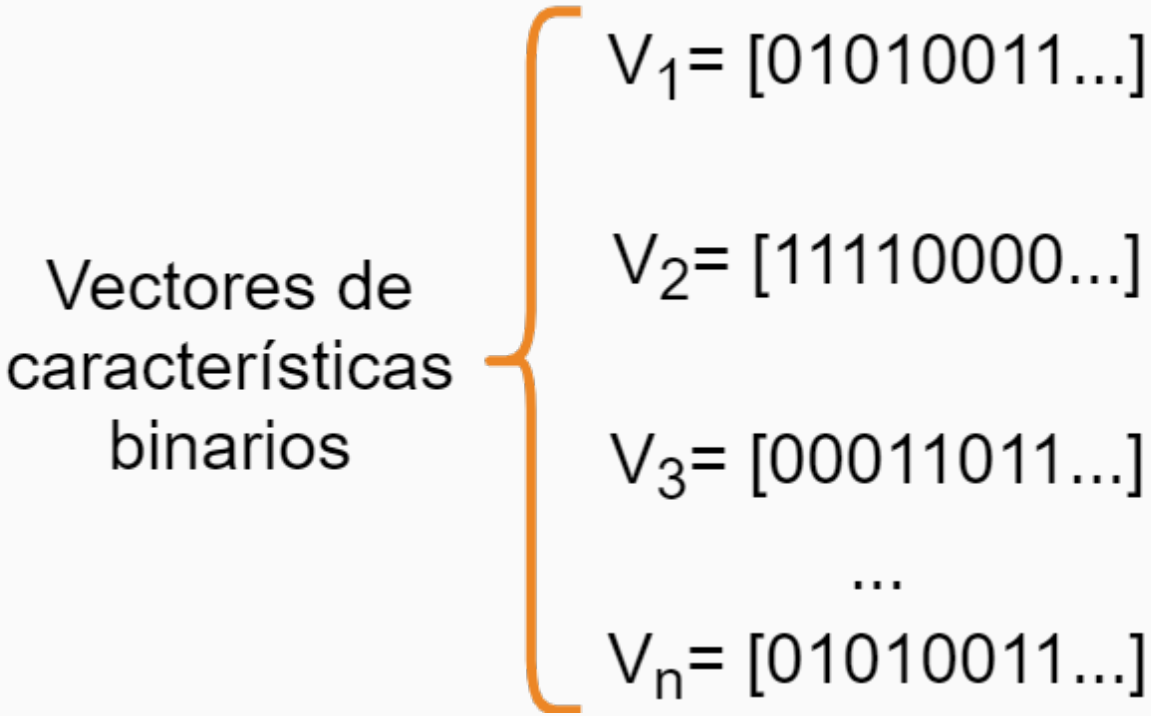
Dentro de la metodología que se está siguiendo, a través de algoritmos como este, se consiguen establecer relaciones entre imágenes similares.

Los puntos de interés detectados anteriormente son descritos para su posterior relación.

Algoritmo BRIEF

El algoritmo BRIEF basa la descripción de imágenes a través de vectores binarios que definen los puntos de interés detectados previamente en la imagen.

Estos tienen una longitud entre 128-512 bits normalmente.



Algoritmo BRIEF

El algoritmo es sensible a la aparición de ruido, por lo tanto el primer paso que se toma es el suavizado de la imagen a través del uso de un filtrado Gaussiano de σ entre 1 y 3.

Posteriormente, cada vector se define de la siguiente manera:

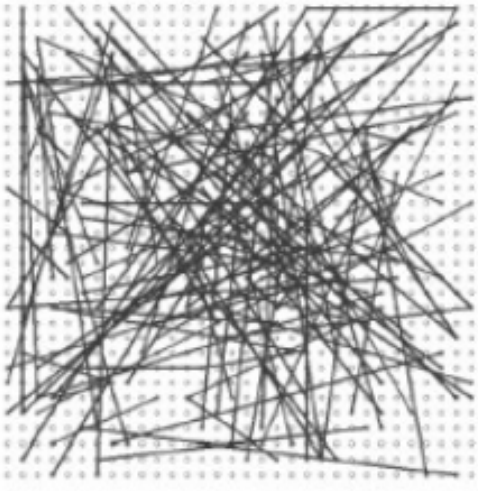
$$\tau(p; x, y) = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & : p(x) < p(y) \\ 0 & : p(x) \geq p(y) \end{array} \right\} \tag{2}$$

donde $p(x)$ es la intensidad de el punto de referencia x, y es el punto con el que se realiza la comparación.

Algoritmo BRIEF

La selección de pares que forman parte de cada vector binario se puede realizar de diversas maneras para un parche de tamaño SxS:

- **Uniforme (G I):** Los píxeles x e y se escogen a través de una distribución uniforme de extensión $S/2$.

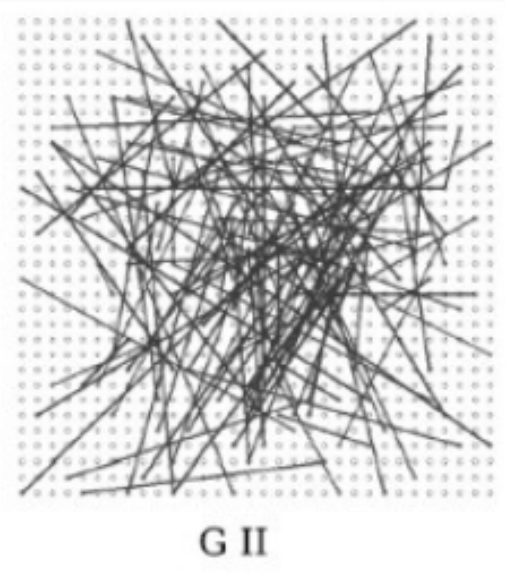


[9]

Algoritmo BRIEF

La selección de pares que forman parte de cada vector binario se puede realizar de diversas maneras para un parche de tamaño SxS:

- **Gaussiana (G II):** Los píxeles x e y se escogen a través de una distribución Gaussiana de extensión $0.04 * S^2$.



[9]

Algoritmo BRIEF

La selección de pares que forman parte de cada vector binario se puede realizar de diversas maneras para un parche de tamaño SxS:

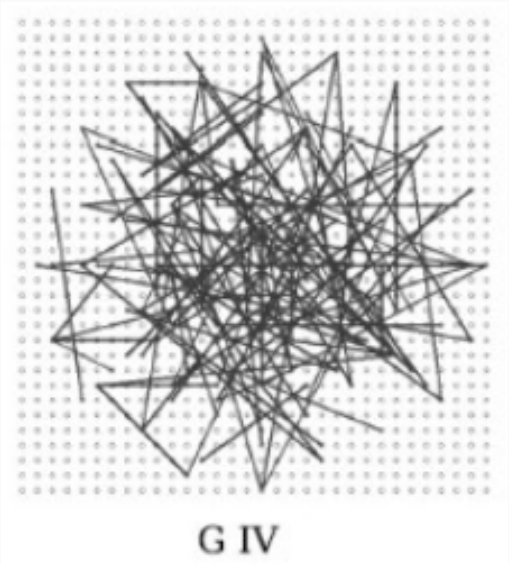
- **Gaussiana (G III):** El primer píxel x se escoge a través de una distribución Gaussiana de extensión $0.04 * S^2$ y el segundo píxel y a través de una distribución Gaussiana de extensión $0.01 * S^2$ centrada en el primer píxel x.

[9]

Algoritmo BRIEF

La selección de pares que forman parte de cada vector binario se puede realizar de diversas maneras para un parche de tamaño *SxS*:

- **Coarse Polar Grid (G IV):** Los píxeles *x* e *y* se escogen a través de coordenadas polares.

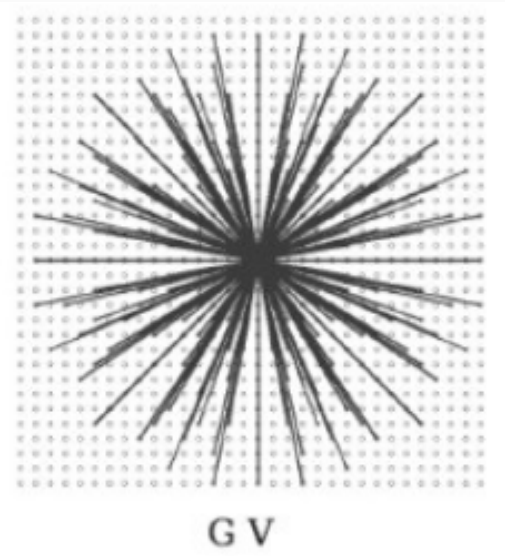


[9]

Algoritmo BRIEF

La selección de pares que forman parte de cada vector binario se puede realizar de diversas maneras para un parche de tamaño *SxS*:

- **Coarse Polar Grid (G V):** El primer píxel *x* siempre está centrado en (0, 0) y el segundo píxel *y* se escoge a través de una coordenadas polares.



[9]

Referencias i

[1] Max Woolf @minimaxir (Twitter).
Rotation invariance video.
[Online; accessed August, 2022].

[2] Minghao Ning (Towards Data Science).
Scale invariance image.
[Online; accessed August, 2022].

[3] Wenyi Zhao and Rama Chellappa.
Face Processing: Advanced modeling and methods.
Elsevier, 2011.

[4] David G Lowe.
Distinctive image features from scale-invariant keypoints.
International journal of computer vision, 60(2):91–110, 2004.

Referencias ii

[5] Geeks for Geeks.
Sift before and after keypoint localization image.
[Online; accessed August, 2022].

[6] Herbert Bay, Andreas Ess, Tinne Tuytelaars, and Luc Van Gool.
Speeded-up robust features (surf).
Computer vision and image understanding, 110(3):346–359, 2008.

[7] Technische Universität München.
Gaussian derivative images.
[Online; accessed August, 2022].

[8] Deepanshu Tyagi (Medimum).
Surf pyramid image.
[Online; accessed August, 2022].

Referencias iii

[9] Deepanshu Tyagi (Medimum).
Brief distribution images.
[Online; accessed August, 2022].