

# TFG

June 28, 2022

```
[1]: #!/usr/bin/env python3
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Mon Mar 7 16:43:03 2022

@author: victor
"""

import cv2
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
import numpy as np
import os
from os import listdir
from os.path import isfile, join
import matplotlib
import matplotlib.pyplot as plt
import random
import json

%matplotlib inline

RED = (255,0,0)
PRINT_GREEN = '\033[92m'
PRINT_CYAN = '\033[96m'
PRINT_RED = '\033[91m'
PRINT_NORMAL = '\033[0m'
EXEC_ALL = 0
NUM_KP = 10
```

```
[2]: def leeImagen(fileName, flagColor):
    # Leer imagen
    imagen = cv2.imread('imagenes/' + fileName)

    if(flagColor == 1):
        imagen = cv2.cvtColor(imagen, cv2.COLOR_BGR2RGB)
    elif(flagColor == 0):
```

```
    imagen = cv2.cvtColor(imagen, cv2.COLOR_BGR2GRAY)

    return imagen
```

```
[3]: #leo imagen
lago = leeimagen('lago.png', 1)

# fragmento imagen
lago1 = lago[0:int(lago.shape[0]*2/3), 0:int(lago.shape[1]*2/3)]
lago2 = lago[0:int(lago.shape[0]*2/3), int(lago.shape[1]/3):]
lago3 = lago[int(lago.shape[0]/3):, 0:int(lago.shape[1]*2/3)]
lago4 = lago[int(lago.shape[0]/3):, int(lago.shape[1]/3):]

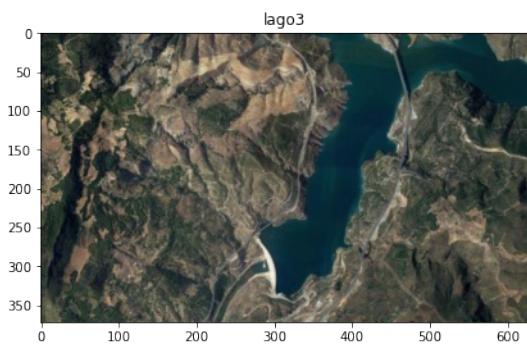
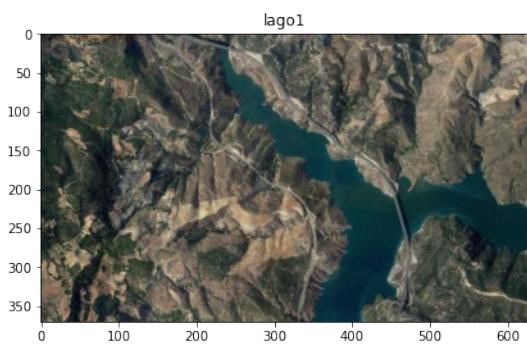
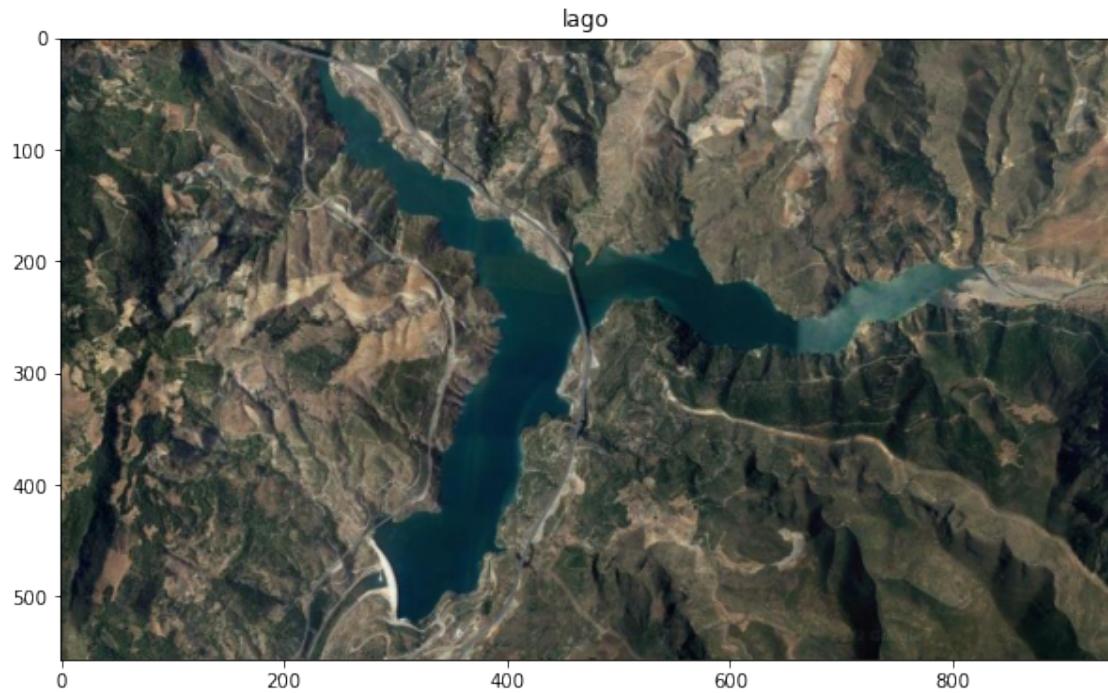
# Muestro resultados
fig = plt.figure(figsize=(10,10))
plt.title("lago")
plt.imshow(lago, cmap="gray")
plt.show()

fig = plt.figure(figsize=(15,10))
ax = plt.subplot(2, 2, 1)
ax.set_title("lago1")
ax.imshow(lago1, cmap='gray')

ax = plt.subplot(2, 2, 2)
ax.set_title("lago2")
ax.imshow(lago2, cmap='gray')

ax = plt.subplot(2, 2, 3)
ax.set_title("lago3")
ax.imshow(lago3, cmap='gray')

ax = plt.subplot(2, 2, 4)
ax.set_title("lago4")
ax.imshow(lago4, cmap='gray')
plt.show()
```



```
[4]: # obtengo keypoints
sift = cv2.SIFT_create(500)

keypoints, descriptors = sift.detectAndCompute(lago, None)
keypoints1, descriptors1 = sift.detectAndCompute(lago1, None)
keypoints2, descriptors2 = sift.detectAndCompute(lago2, None)
keypoints3, descriptors3 = sift.detectAndCompute(lago3, None)
keypoints4, descriptors4 = sift.detectAndCompute(lago4, None)

# pinto keypoints
img = lago.copy()
img = cv2.drawKeypoints(lago, keypoints, img, flags=cv2.
    DRAW_MATCHES_FLAGS_DRAW_RICH_KEYPOINTS)
img1 = cv2.drawKeypoints(lago1, keypoints1, lago1, flags=cv2.
    DRAW_MATCHES_FLAGS_DRAW_RICH_KEYPOINTS)
img2 = cv2.drawKeypoints(lago2, keypoints2, lago2, flags=cv2.
    DRAW_MATCHES_FLAGS_DRAW_RICH_KEYPOINTS)
img3 = cv2.drawKeypoints(lago3, keypoints3, lago3, flags=cv2.
    DRAW_MATCHES_FLAGS_DRAW_RICH_KEYPOINTS)
img4 = cv2.drawKeypoints(lago4, keypoints4, lago4, flags=cv2.
    DRAW_MATCHES_FLAGS_DRAW_RICH_KEYPOINTS)

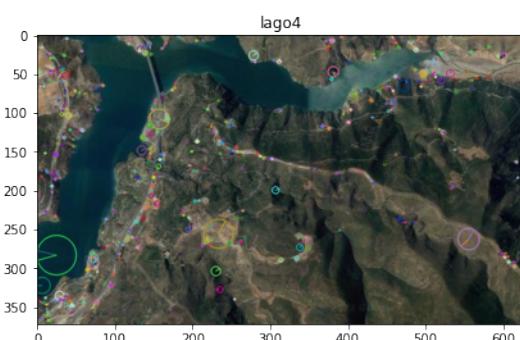
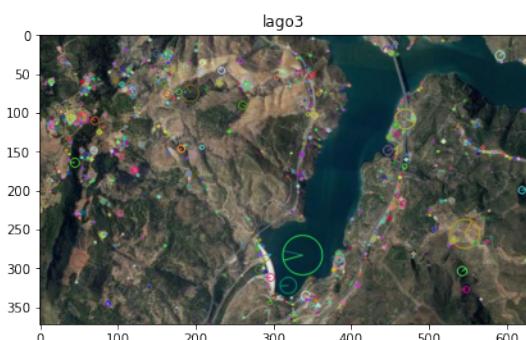
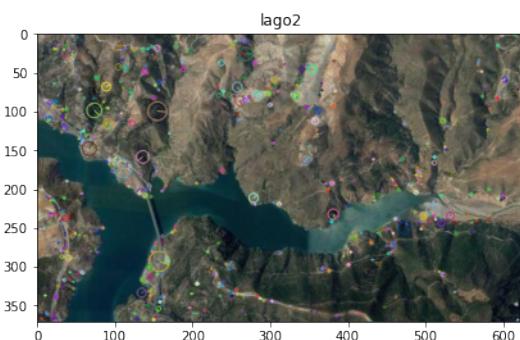
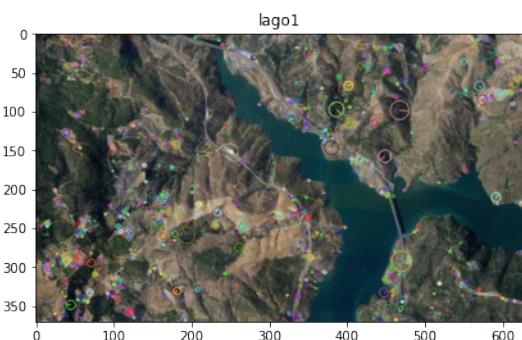
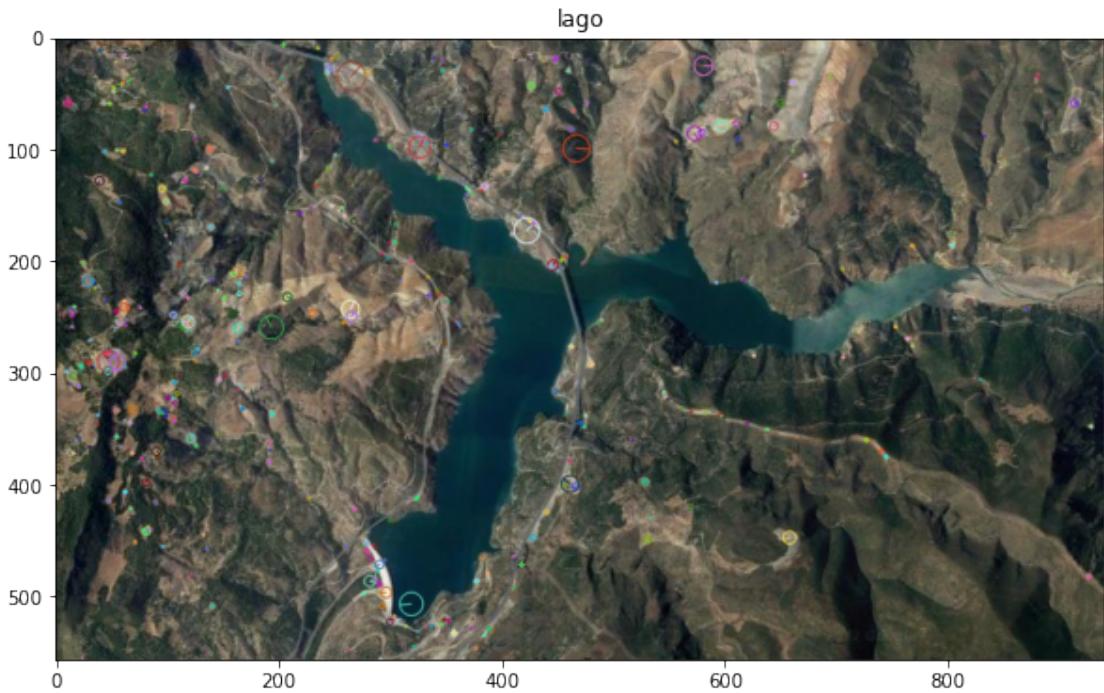
# Muestro resultados
fig = plt.figure(figsize=(10,10))
plt.title("lago")
plt.imshow(img, cmap="gray")
plt.show()

fig = plt.figure(figsize=(15,10))
ax = plt.subplot(2, 2, 1)
ax.set_title("lago1")
ax.imshow(img1, cmap='gray')

ax = plt.subplot(2, 2, 2)
ax.set_title("lago2")
ax.imshow(img2, cmap='gray')

ax = plt.subplot(2, 2, 3)
ax.set_title("lago3")
ax.imshow(img3, cmap='gray')

ax = plt.subplot(2, 2, 4)
ax.set_title("lago4")
ax.imshow(img4, cmap='gray')
plt.show()
```



```
[5]: # Otras imágenes
MDT05_ETRS89_copia = leeimagen('Small/Copia de MDT05-ETRS89-HU30-0172_Spectral.
˓→tif', 1)
MDT05_ETRS89_copia_sombreado = leeimagen('Small/Copia de MDT05-ETRS89-HU30-0172_Sombreado.tif', 0)

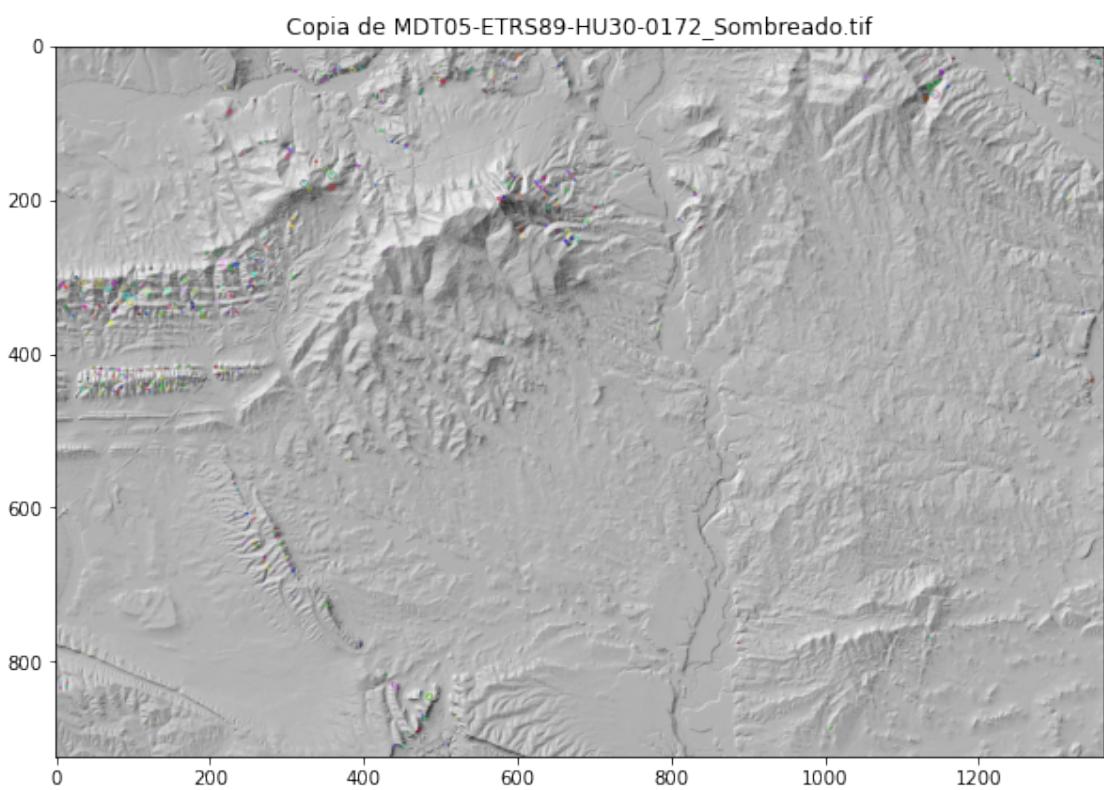
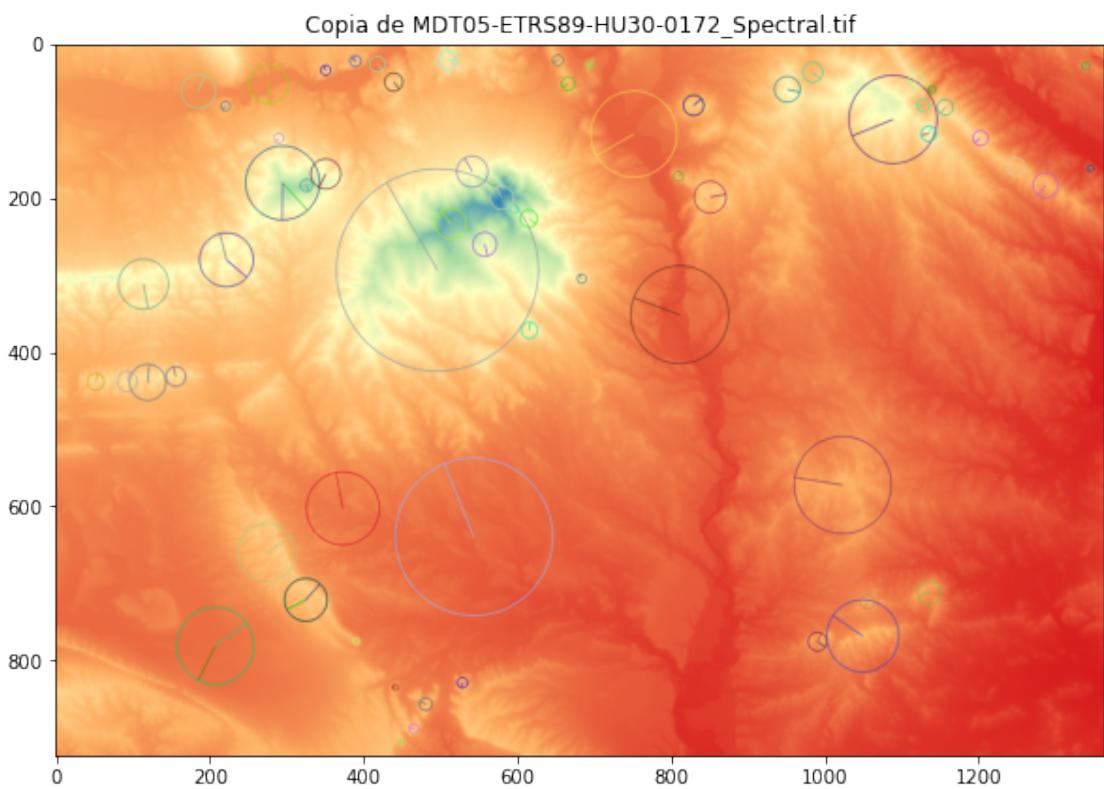
# Redimensiono
MDT05_ETRS89_copia = cv2.resize(MDT05_ETRS89_copia, (int(MDT05_ETRS89_copia.
˓→shape[1]/4), int(MDT05_ETRS89_copia.shape[0]/4)))
MDT05_ETRS89_copia_sombreado = cv2.resize(MDT05_ETRS89_copia_sombreado, (int(MDT05_ETRS89_copia_sombreado.shape[1]/4), int(MDT05_ETRS89_copia_sombreado.shape[0]/4)))

# obtengo keypoints
keypoints1, descriptors1 = sift.detectAndCompute(MDT05_ETRS89_copia,None)
keypoints2, descriptors2 = sift.
˓→detectAndCompute(MDT05_ETRS89_copia_sombreado,None)

# pinto keypoints
img1 = cv2.drawKeypoints(MDT05_ETRS89_copia, keypoints1, MDT05_ETRS89_copia, flags=cv2.DRAW_MATCHES_FLAGS_DRAW_RICH_KEYPOINTS)
img2 = cv2.drawKeypoints(MDT05_ETRS89_copia_sombreado, keypoints2, MDT05_ETRS89_copia_sombreado, flags=cv2.
˓→DRAW_MATCHES_FLAGS_DRAW_RICH_KEYPOINTS)

# Muestro resultados
fig = plt.figure(figsize=(10,10))
plt.title("Copia de MDT05-ETRS89-HU30-0172_Spectral.tif")
plt.imshow(img1)
plt.show()

fig = plt.figure(figsize=(10,10))
plt.title("Copia de MDT05-ETRS89-HU30-0172_Sombreado.tif")
plt.imshow(img2)
plt.show()
```



```
[6]: def func_sift(nombre_imagen, num_kp):
    # leo imagen
    imagen = leeimagen('filtros/' + nombre_imagen + '.jpg', 0)

    # Redimensiono
    imagen = cv2.resize(imagen, (1364, 924))

    kp_no_repetidos = []
    coords_almacenadas = []
    i = 0
    while (len(kp_no_repetidos) < num_kp and i < 20):
        i += 1
        sift = cv2.SIFT_create(num_kp*i)
        # obtengo keypoints
        keypoints, descriptors = sift.detectAndCompute(imagen, None)

        for kp in keypoints:
            if (len(kp_no_repetidos) < num_kp):
                # compruebo kp no repetido
                if (kp.pt not in coords_almacenadas):
                    coords_almacenadas.append(kp.pt)
                    kp_no_repetidos.append(kp)

    # pinto keypoints
    resultado = imagen.copy()
    resultado = cv2.drawKeypoints(imagen, kp_no_repetidos, resultado, RED, □
    ↪flags=cv2.DRAW_MATCHES_FLAGS_DRAW_RICH_KEYPOINTS)

    # Muestro resultados
    fig = plt.figure(figsize=(30,20))
    ax = plt.subplot(1, 1, 1)
    ax.set_title(nombre_imagen + "-SIFT-" + str(num_kp) + "kp")
    ax.imshow(resultado, cmap='gray')
    #ax.plot()

    # Exporto png
    plt.savefig('imagenes/resultados/' + nombre_imagen + "-SIFT-" + str(num_kp) □
    ↪+ "kp")

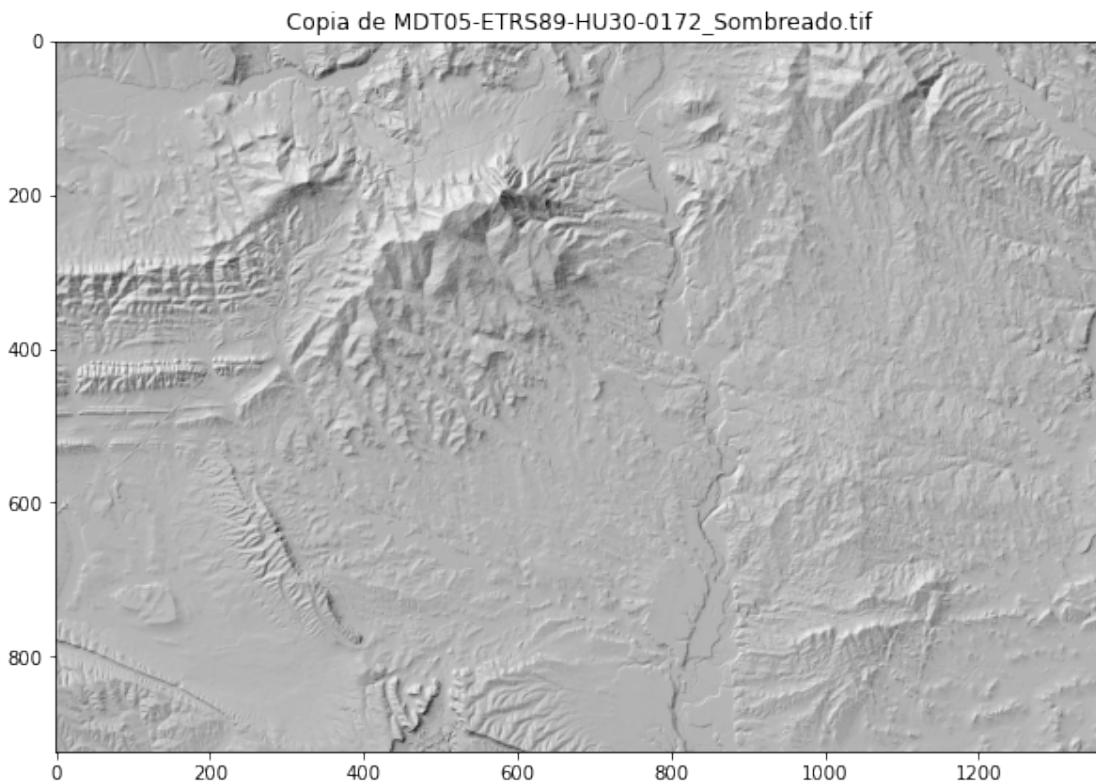
    return kp_no_repetidos
```

## 0.1 Generar ground truth

```
[7]: # Leo imagen
imagen = leeImagen('Small/Copia de MDT05-ETRS89-HU30-0172_Sombreado.tif', 0)

# Redimensiono
imagen = cv2.resize(imagen, (1364, 924))

# Muestro imagen
fig = plt.figure(figsize=(10,10))
plt.title("Copia de MDT05-ETRS89-HU30-0172_Sombreado.tif")
plt.imshow(imagen, cmap="gray")
plt.show()
```



```
[8]: # Genero keypoints
keypoints_gt = []
keypoints_gt.append(cv2.KeyPoint(x=600, y=200, size=100))
keypoints_gt.append(cv2.KeyPoint(x=330, y=180, size=20))
keypoints_gt.append(cv2.KeyPoint(x=500, y=230, size=50))
keypoints_gt.append(cv2.KeyPoint(x=450, y=260, size=35))
keypoints_gt.append(cv2.KeyPoint(x=410, y=280, size=30))
keypoints_gt.append(cv2.KeyPoint(x=830, y=220, size=50))
```

```

keypoints_gt.append(cv2.KeyPoint(x=820, y=250, size=30))
keypoints_gt.append(cv2.KeyPoint(x=1130, y=60, size=40))
keypoints_gt.append(cv2.KeyPoint(x=470, y=870, size=70))
keypoints_gt.append(cv2.KeyPoint(x=280, y=220, size=50))

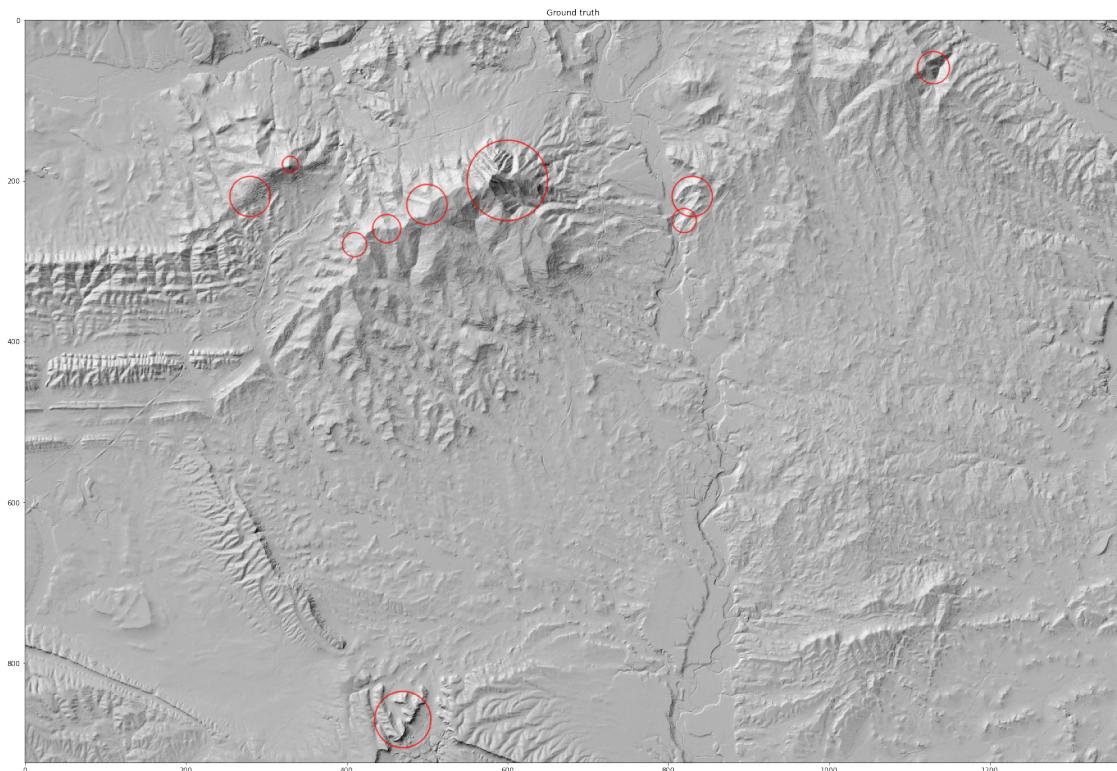
#for kp in keypoints_gt:
#    kp.size *= 5

# pinto keypoints
ground_truth = imagen.copy()
ground_truth = cv2.drawKeypoints(imagen, keypoints_gt, ground_truth, RED, flags=cv2.DRAW_MATCHES_FLAGS_DRAW_RICH_KEYPOINTS)

# Muestro imagen
fig = plt.figure(figsize=(30,20))
plt.title("Ground truth")
plt.imshow(ground_truth, cmap="gray")

# Exporto png
plt.savefig('imagenes/resultados/' + "Ground_truth")
plt.show()

```



```
[9]: mypath = "imagenes/filtros"
imagenes = [f.split('.')[0] for f in listdir(mypath) if isfile(join(mypath, f))]
SOLUCIONES_SIFT = {}
SOLUCIONES_SIFT["ground_truth"] = {"keypoints":keypoints_gt}

fichero_kps = None
try:
    kps_json = open("keypoints/sift_kps.json")
    fichero_kps = json.load(kps_json)
except:
    print(PRINT_RED + 'keypoints/sift_kps.json NO encontrado' + PRINT_NORMAL)

for imagen in imagenes:
    print(imagen, end=' ')
    try:
        #print(fichero_kps[imagen])
        # Si NUM_KP ha cambiado, recalculo los kps
        if (len(fichero_kps[imagen]["keypoints"]) != NUM_KP):
            print(PRINT_RED + 'recalculando' + PRINT_NORMAL, end=' ')
            SOLUCIONES_SIFT[imagen] = {"keypoints":func_sift(imagen,NUM_KP)}
            print(PRINT_GREEN + 'OK' + PRINT_NORMAL)

        # Si no me quedo con los ya calculados
    else:
        print(PRINT_CYAN + 'precalculado' + PRINT_NORMAL, end=' ')

        # Convierto dict a cv2.KeyPoint
        SOLUCIONES_SIFT[imagen] = {"keypoints":[]}
        for kp in fichero_kps[imagen]["keypoints"]:
            if isinstance(kp, dict):
                SOLUCIONES_SIFT[imagen]["keypoints"].append(cv2.
→KeyPoint(x=kp["pt"][0],y=kp["pt"][1], size=kp["size"],angle=kp["angle"],
           □
→response=kp["response"],octave=kp["octave"],class_id=kp["class_id"]))
            elif isinstance(kp, cv2.KeyPoint):
                SOLUCIONES_SIFT[imagen]["keypoints"].append(kp)

        print(PRINT_GREEN + 'OK' + PRINT_NORMAL)
    except:
        try:
            print(PRINT_RED + 'calculando' + PRINT_NORMAL, end=' ')
            SOLUCIONES_SIFT[imagen] = {"keypoints":func_sift(imagen,NUM_KP)}
            print(PRINT_GREEN + 'OK' + PRINT_NORMAL)
        except:
            print(PRINT_RED + 'ERROR: imagen {}'.format(imagen) + PRINT_NORMAL)
```

```

# Guardo los kps en un fichero para ahorrarme recalcularlos en futuras
# iteraciones
serializable_kps = {}
for imagen in SOLUCIONES_SIFT:
    serializable_kps[imagen] = {"keypoints": []}
    for kp in SOLUCIONES_SIFT[imagen]["keypoints"]:
        if isinstance(kp, cv2.KeyPoint):
            serializable_kps[imagen]["keypoints"].append({"pt": kp.pt, "angle": kp.
            angle, "response": kp.response,
            "size": kp.size, "octave": kp.octave,
            "class_id": kp.class_id})
        else:
            serializable_kps[imagen]["keypoints"].append(kp)

with open("keypoints/sift_kps.json", "w") as json_file:
    json.dump(serializable_kps, json_file)

```

Cross-Sectional\_Curvature\_MDE05 precalculado OK  
Overland-Flow-Distance\_MDE05 precalculado OK  
Minimum\_Curvature\_MDE05 precalculado OK  
Gradient\_DEM05 precalculado OK  
Downslope\_Curvature\_DEM05\_1 precalculado OK  
MRVBF\_DEM05 precalculado OK  
Vertical\_Overland\_Flow\_Distance\_MDE05 precalculado OK  
Vertical\_Distance\_to\_Channel\_Network\_MDE05 precalculado OK  
Mass\_Balance\_Index\_MDE05 precalculado OK  
TPI\_MDT05\_5\_100\_75 precalculado OK  
Valley\_Index\_MDE05 precalculado OK  
MDE05\_surf\_texture precalculado OK  
Profile\_Curvature\_MDE05 precalculado OK  
MRRTF\_DEM05 precalculado OK  
Hill\_Index\_MDE05 precalculado OK  
Terrain\_Ruggedness\_Index\_(TRI)\_DEM05\_1 precalculado OK  
Slope\_Height\_DEM05 precalculado OK  
Terrain\_Ruggedness\_Index\_(TRI)\_DEM05 precalculado OK  
Upslope\_Curvature\_DEM05 precalculado OK  
Slope\_Height\_DEM05\_1 precalculado OK  
Mid-Slope\_Positon\_DEM05 precalculado OK  
Slope\_MDE05 precalculado OK  
Protection\_Index DEM05 precalculado OK  
Normalized\_Height\_DEM05\_1 precalculado OK  
Longitudinal\_Curvature\_MDE05 precalculado OK  
Horizontal-Overland-Flow-Distance\_MDE05 precalculado OK

```
[10]: def dentro_rango(kp1,kp2):
    distancia_x = abs(kp1.pt[0]-kp2.pt[0])
    distancia_y = abs(kp1.pt[1]-kp2.pt[1])
    distancia_xy = np.sqrt(distancia_x**2 + distancia_y**2)

    r1 = kp1.size/2
    r2 = kp2.size/2

    return distancia_xy <= r1 or distancia_xy <= r2
```

```
[11]: def num_coincidencias(kps1, kps2):
    coincidencias = 0
    for kp1 in kps1:
        coincide = False
        for kp2 in kps2:
            if (dentro_rango(kp1,kp2) and not coincide):
                coincidencias += 1
                coincide = True
    return coincidencias
```

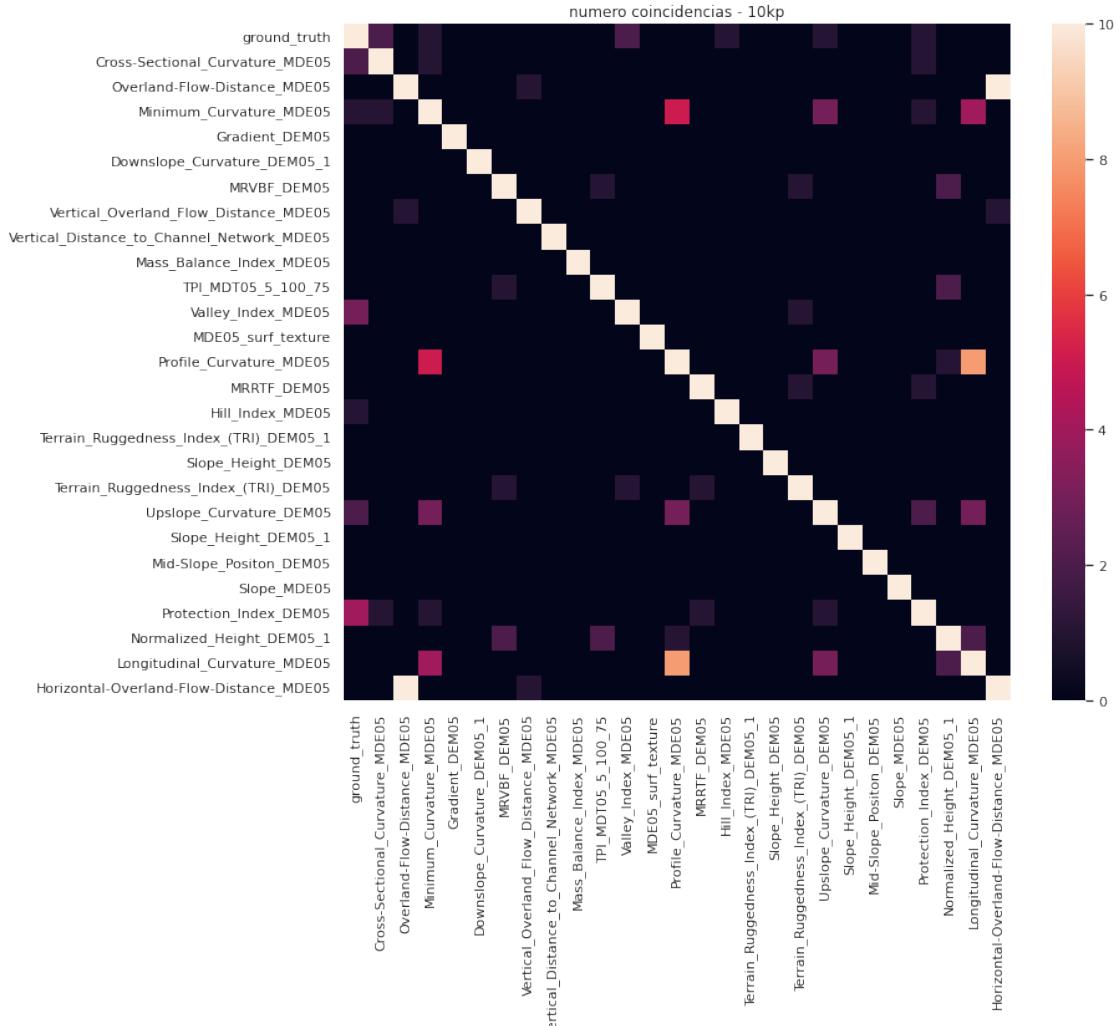
```
[12]: coincidencias_totales = []
ptge_coincidencias_totales = []

for m1 in SOLUCIONES_SIFT.values():
    coincidencias = []
    ptge_coincidencias = []
    last = 0
    for m2 in SOLUCIONES_SIFT.values():
        coincidencias.append(num_coincidencias(m1["keypoints"], m2["keypoints"]))
        ptge_coincidencias.append(coincidencias[last]/len(m1["keypoints"])*100)
        last += 1

    coincidencias_totales.append(coincidencias)
    ptge_coincidencias_totales.append(ptge_coincidencias)
```

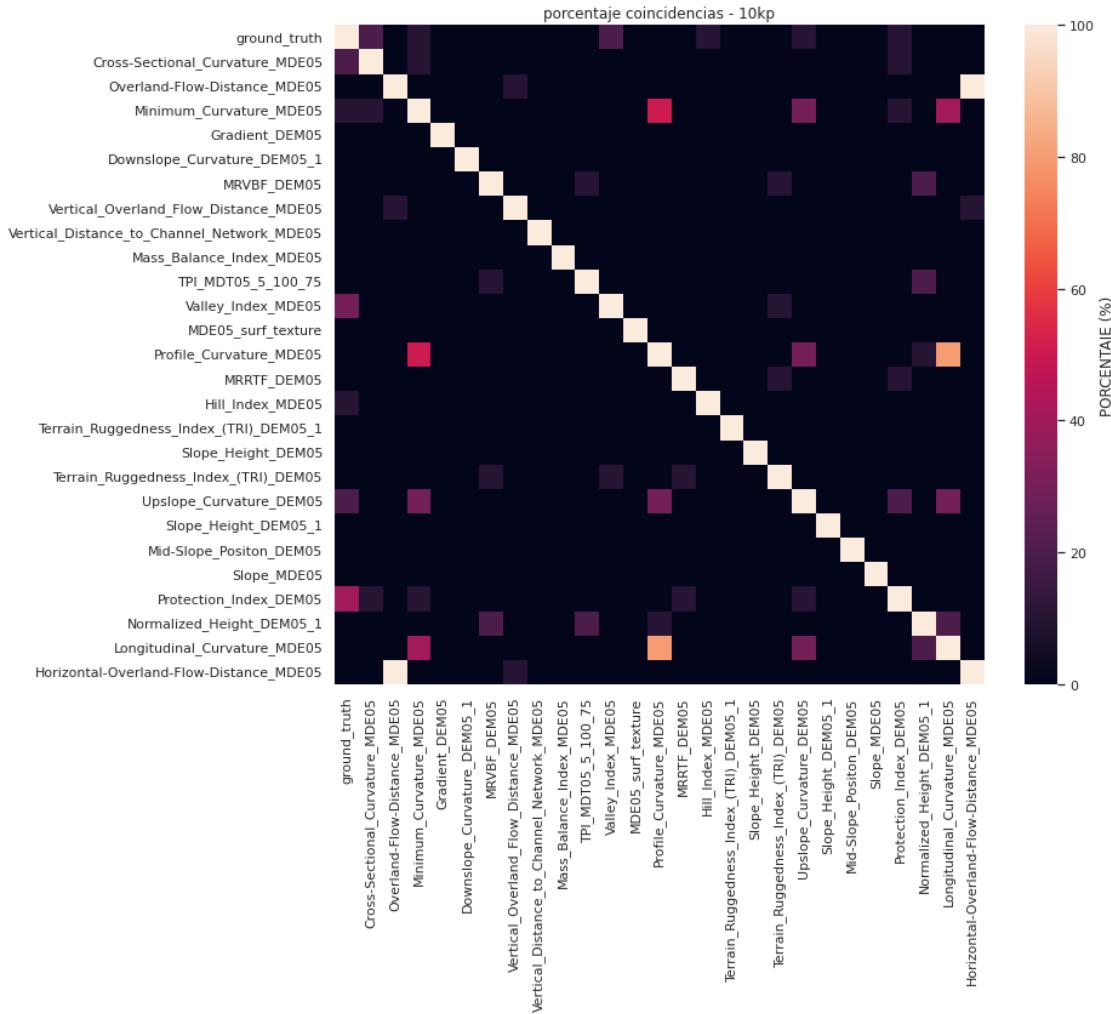
```
[13]: fig = plt.figure(figsize=(12,10))
sns.set_theme()
ax = sns.heatmap(coincidencias_totales, xticklabels = SOLUCIONES_SIFT.keys(), yticklabels = SOLUCIONES_SIFT.keys())
ax.set_title("numero coincidencias - 10kp")

# Exporto png
plt.savefig('imagenes/resultados/heatmap-SIFT-10kp')
```



```
[14]: fig = plt.figure(figsize=(12,10))
sns.set_theme()
ax = sns.heatmap(ptge_coincidencias_totales, xticklabels = SOLUCIONES_SIFT.
    ↪keys(), yticklabels = SOLUCIONES_SIFT.keys(), cbar_kws={'label': 'PORCENTAJE
    ↪(%)'})
ax.set_title("porcentaje coincidencias - 10kp")

# Exporto png
plt.savefig('imagenes/resultados/heatmap_pct-SIFT-10kp')
```



<https://www.juanbarrios.com/la-matriz-de-confusion-y-sus-metricas/>

## 0.2 Sensibilidad y Especificidad

La sensibilidad y la especificidad son dos valores que nos indican la capacidad de nuestro estimador para **discriminar los casos positivos, de los negativos**. La **sensibilidad** se representa como la fracción de verdaderos positivos, mientras que la **especificidad**, es la fracción de verdaderos negativos.

**Sensibilidad** También se conoce como **Tasa de Verdaderos Positivos** (True Positive Rate) ó TP. Es la proporción de casos positivos que fueron correctamente identificadas por el algoritmo. Se calcula así: :  $\text{VP}/(\text{VP}+\text{FN})$

**Especificidad** También conocida como la **Tasa de Verdaderos Negativos**, ("true negative rate") o TN. Se trata de los casos negativos que el algoritmo ha clasificado correctamente. Expresa cuan bien puede el modelo detectar esa clase. Se calcula:  $\text{VN}/(\text{VN}+\text{FP})$

### 0.3 F1 score

Esta es otra métrica muy empleada porque nos **resume la precisión y sensibilidad** en una sola métrica. Por ello es de gran utilidad cuando la distribución de las clases es desigual, por ejemplo cuando el número de pacientes con una condición es del 15% y el otro es 85% , lo que en el campo de la salud es bastante común.

Se calcula:  $F1\_score = (2precision \cdot sensibilidad) / (precision+sensibilidad)$

- **VP**: puntos detectados por la métrica que están en ground truth
- **FP**: puntos detectados por la métrica que NO están en ground truth
- **FN**: puntos del ground truth que NO han sido detectados por la métrica
- **VN**: ¿puntos que no están ni en la metrica ni en el ground truth? ¿Seria un punto por cada pixel no detectado?

```
[15]: def f1(precision, sensibilidad):
    try:
        return (2*precision*sensibilidad) / (precision+sensibilidad)
    except:
        return 0
```

```
[16]: verdaderos_positivos = []
falsos_positivos = []
verdaderos_negativos = []
falsos_negativos = []
sensibilidad = []
especificidad = []
f1_scores = []
for m in SOLUCIONES_SIFT.values():
    VP = 0
    FP = 0
    #VN = 0
    FN = 0

    # Positivos
    for kp in m["keypoints"]:
        coincide = False
        for kp_gt in SOLUCIONES_SIFT["ground_truth"]["keypoints"]:
            if (dentro_rango(kp,kp_gt) and not coincide):
                VP += 1
                coincide = True

            if not coincide:
                FP += 1

    # Negativos
```

```

for kp_gt in SOLUCIONES_SIFT["ground_truth"]["keypoints"]:
    coincide = False
    for kp in m["keypoints"]:
        if (dentro_rango(kp,kp_gt) and not coincide):
            #VN += 1
            coincide = True

    if not coincide:
        FN += 1

verdaderos_positivos.append(VP)
falsos_positivos.append(FP)
#verdaderos_negativos.append(VN)
falsos_negativos.append(FN)
sensibilidad.append( VP / (VP+FN) )
#especificidad.append( VN / (VN+FP) )
precision = VP / (VP+FP)
f1_scores.append(f1(precision, sensibilidad[-1]))

```

[17]: # POSITIVOS

```

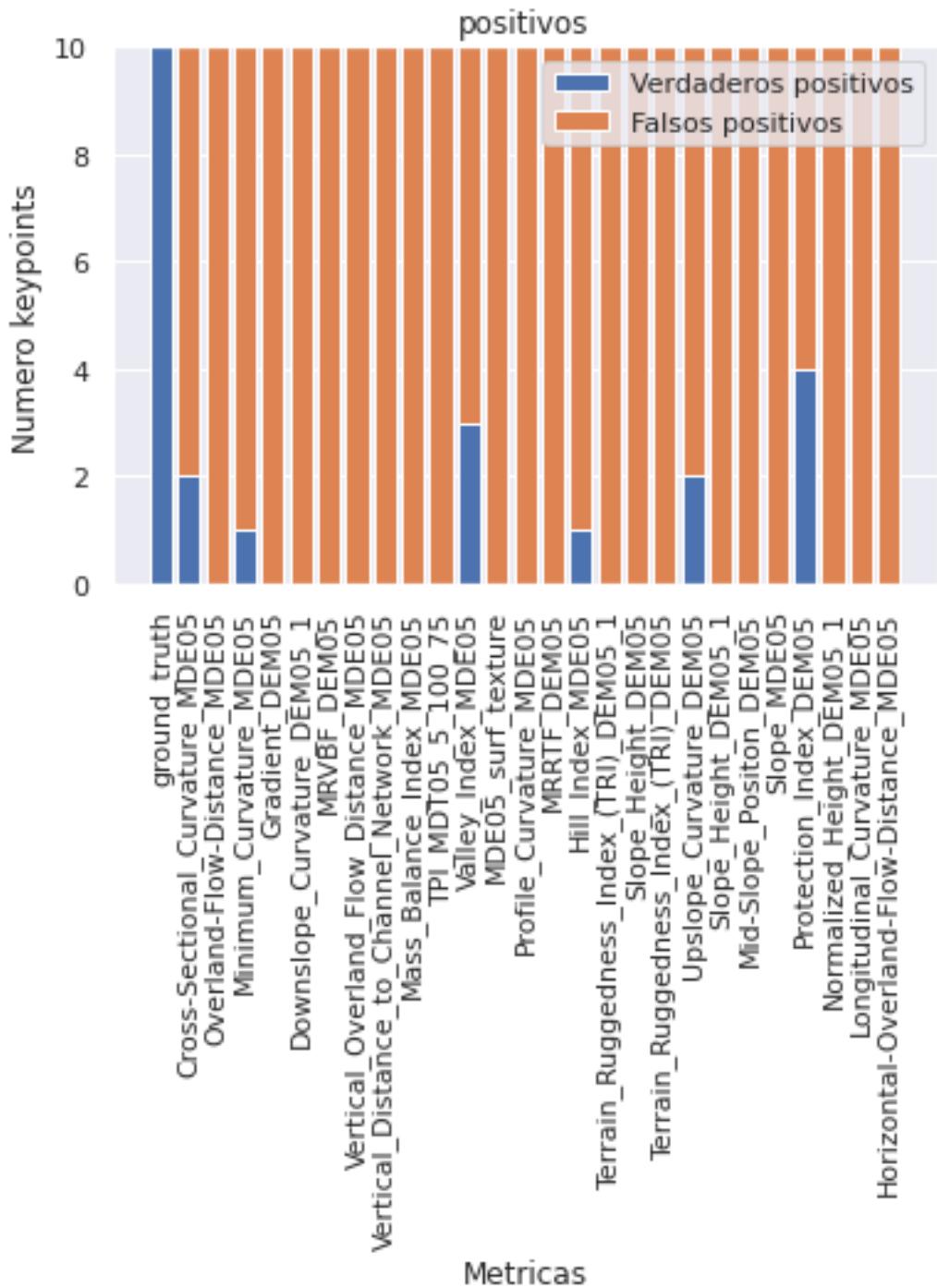
indice = np.arange(len(SOLUCIONES_SIFT))
# Se crean las primeras barras
plt.bar(indice, verdaderos_positivos, label='Verdaderos positivos')

# Se crean las segundas barras y se apilan sobre las primeras
plt.bar(indice, falsos_positivos, label='Falsos positivos', bottom=verdaderos_positivos)

plt.xticks(indice, SOLUCIONES_SIFT.keys(), rotation=90)
plt.ylabel("Numero keypoints")
plt.xlabel("Metricas")
plt.title('positivos')
plt.legend()

# Exporto png
plt.savefig('imagenes/resultados/positivos')

```



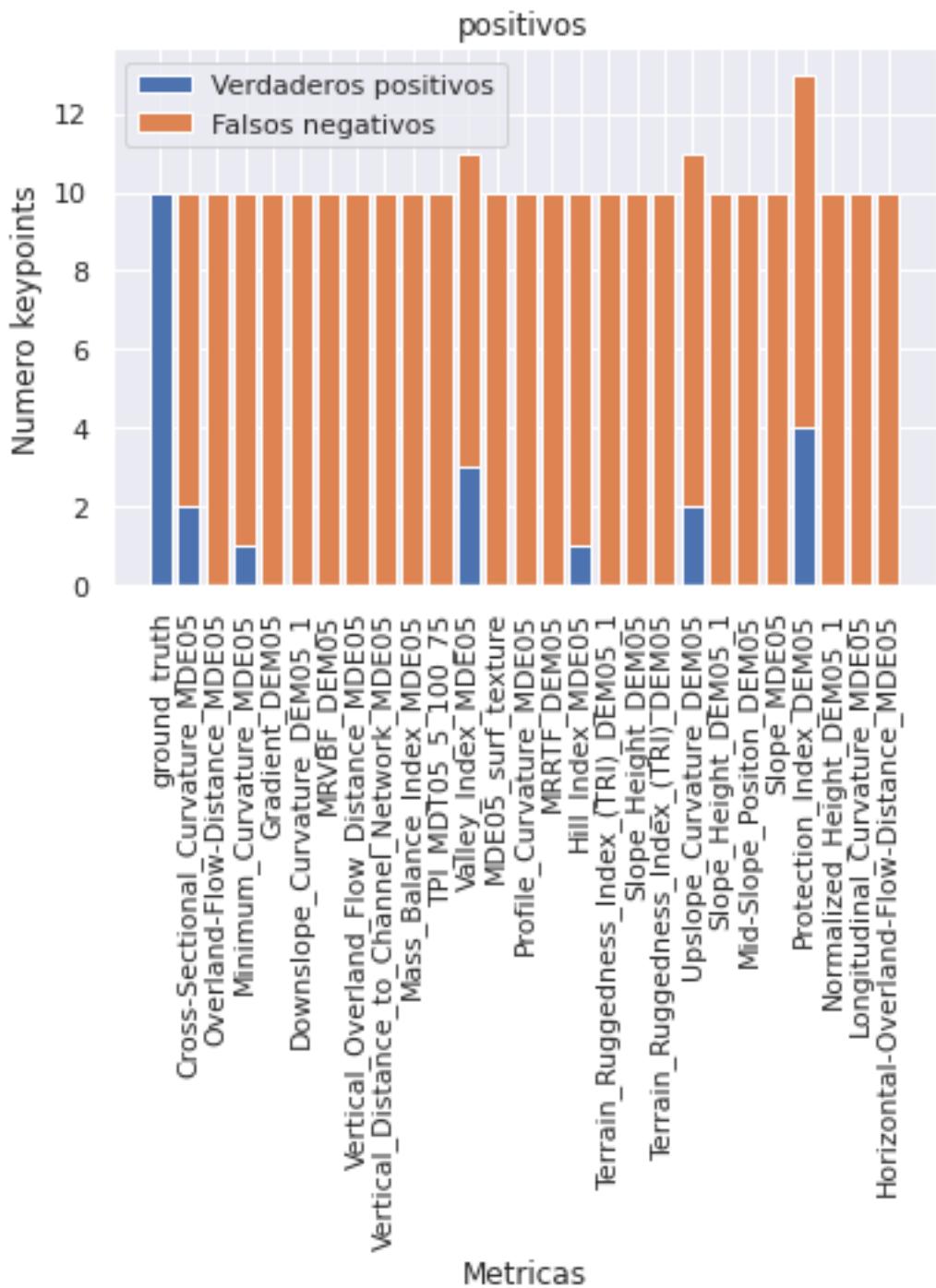
```
[18]: # POSITIVOS
```

```
indice = np.arange(len(SOLUCIONES_SIFT))
# Se crean las primeras barras
plt.bar(indice, verdaderos_positivos, label='Verdaderos positivos')
```

```
# Se crean las segundas barras y se apilan sobre las primeras
plt.bar(indice, falsos_negativos, label='Falsos negativos', bottom=verdaderos_positivos)

plt.xticks(indice, SOLUCIONES_SIFT.keys(), rotation=90)
plt.ylabel("Numero keypoints")
plt.xlabel("Metricas")
plt.title('positivos')
plt.legend()

# Exporto png
plt.savefig('imagenes/resultados/positivos-falsos_neg')
```

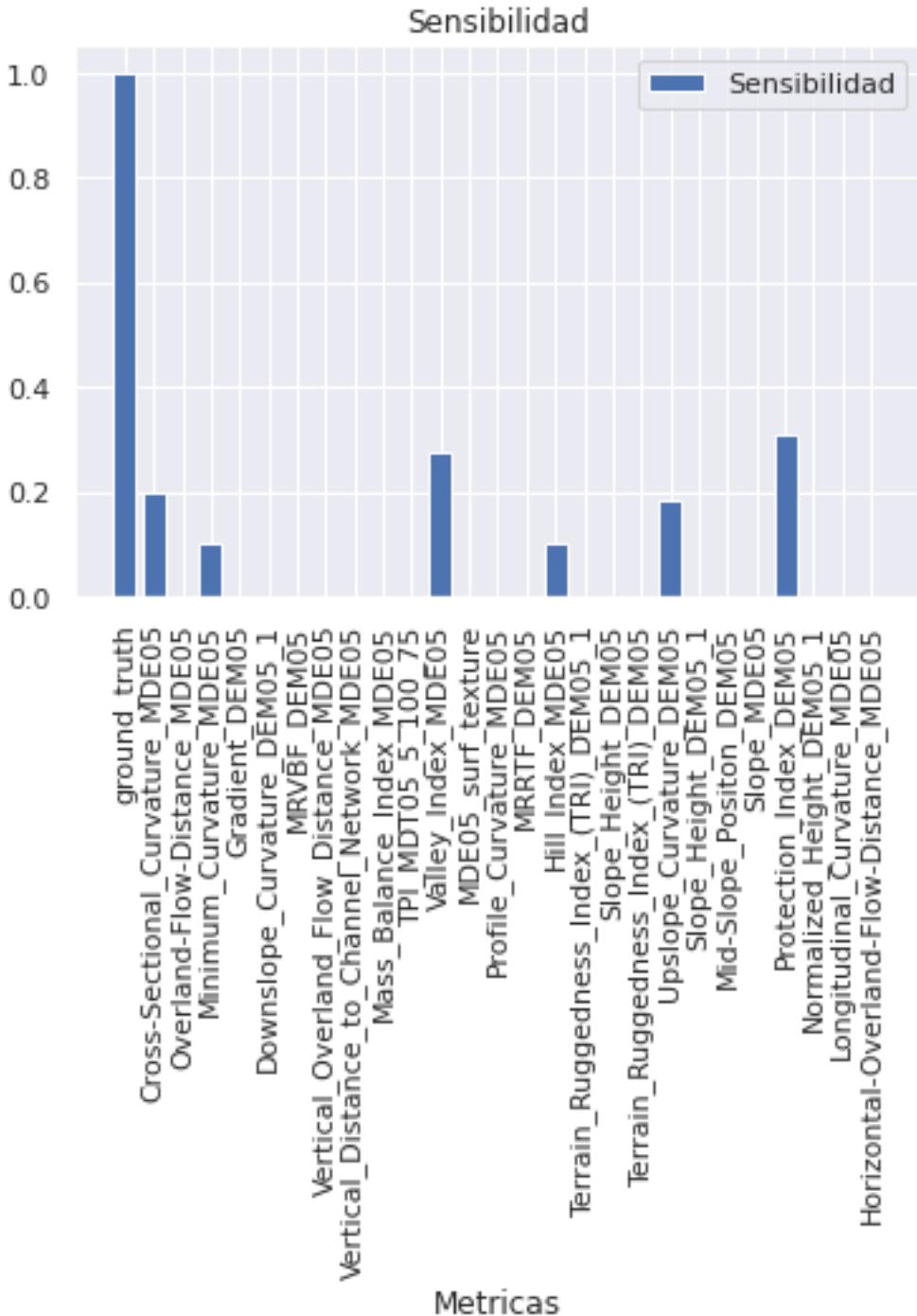


```
[19]: # SENSIBILIDAD
```

```
indice = np.arange(len(sensibilidad))
# Se crean las primeras barras
plt.bar(indice, sensibilidad, label='Sensibilidad')
```

```
plt.xticks(indice, SOLUCIONES_SIFT.keys(), rotation=90)
plt.xlabel("Metricas")
plt.title('Sensibilidad')
plt.legend()

# Exporto png
plt.savefig('imagenes/resultados/sensibilidad')
```

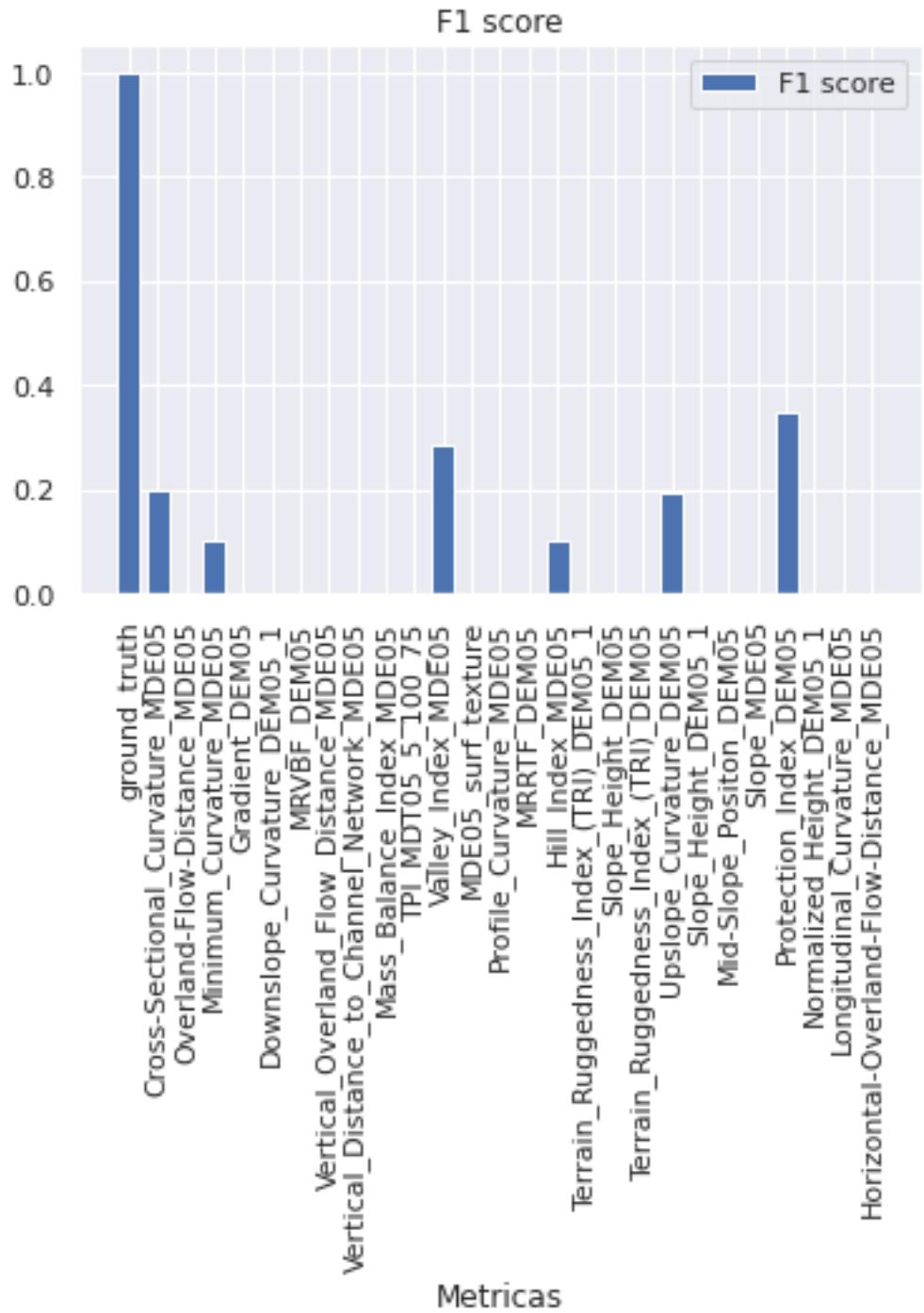


```
[20]: # F1
```

```
indice = np.arange(len(f1_scores))
# Se crean las primeras barras
plt.bar(indice, f1_scores, label='F1 score')
```

```
plt.xticks(indice, SOLUCIONES_SIFT.keys(), rotation=90)
plt.xlabel("Metricas")
plt.title('F1 score')
plt.legend()

# Exporto png
plt.savefig('imagenes/resultados/f1score-metricas')
```



#### 0.4 Algoritmo genetico

Poblacion formada por X combinaciones de entre 2 y num\_meticas distintas.

Realizo X emparejamientos binarios aleatorios, quedandome con el mejor, para obtener los X padres.

Un parente puede estar repetido, pero no se pude emparejar una combinacion contra sí misma.

Generar hijos: cruzo los padres i y i+1 para ahorrar costo de tiempo de ejecución en la generación de números aleatorios. Para cada pareja de padres genero 2 hijos con un numero aleatorio de metricas de entre el maximo y el minimo de los padres. Una vez establecido el numero de métricas, selecciono aleatoriamente una metrica de uno de los dos padres, y compruebo que dicha metrica no está repetida.

Una vez generados los X hijos, reemplazan a la generación anterior, y repito el proceso 10000 veces. Finalmente me quedo con la mejor solucion de la ultima generacion.

```
[21]: def calcular_f1_score(metrica, ground_truth):
    VP = 0
    FP = 0
    #VN = 0
    FN = 0

    # Positivos
    for kp in metrica["keypoints"]:
        coincide = False
        for kp_gt in ground_truth["keypoints"]:
            if (dentro_rango(kp,kp_gt) and not coincide):
                VP += 1
                coincide = True

        if not coincide:
            FP += 1

    # Negativos
    for kp_gt in ground_truth["keypoints"]:
        coincide = False
        for kp in metrica["keypoints"]:
            if (dentro_rango(kp,kp_gt) and not coincide):
                #VN += 1
                coincide = True

        if not coincide:
            FN += 1

    sensibilidad = VP / (VP+FN)
    precision = VP / (VP+FP)
    return f1(precision, sensibilidad)
```

```
[22]: class Nodo:
    def __init__(self, accion, n1, n2, padre=None):
        if accion not in ["union", "interseccion"]:
            raise Exception ("Acción incorrecta, debe ser 'union' o 'interseccion'")
```

```

if not n1 or not n2:
    raise Exception ("Nodos incorrectos")
if not isinstance(n1,Nodo) or not isinstance(n1,Nodo):
    raise Exception ("Nodos incorrectos")

n1.padre = self
n2.padre = self

self.accion = accion
self.n1 = n1
self.n2 = n2
self.padre = padre

def obtenerNodoRaiz(self):
    if not self.padre:
        return self
    else:
        n = self.padre
        while n.padre:
            n = n.padre
        return n

def buscarNodoEnHijos(self, nodo):
    if not isinstance(nodo,Nodo):
        raise Exception ("Nodo incorrecto")

    if nodo == self:
        return self
    if not isinstance(self,Hoja):
        if self.n1.buscarNodoEnHijos(nodo):
            return self.n1
        if self.n2.buscarNodoEnHijos(nodo):
            return self.n2

    return False

def buscarNodoEnArbol(self, nodo):
    if not isinstance(nodo,Nodo):
        raise Exception ("Nodo incorrecto")

    raiz = self.obtenerNodoRaiz()
    return raiz.buscarNodoEnHijos(nodo)

def __str__(self):
    if self.accion == "union":

```

```

        str_acc = "U"
    elif self.accion == "interseccion":
        str_acc = " "
    return "({0} {1} {2})".format(self.n1, str_acc, self.n2)

def copy(self):
    return Nodo(self.accion, self.n1, self.n2, self.padre)

class Hoja (Nodo):
    def __init__(self, nombre_metrica, padre=None):
        self.metrica = nombre_metrica
        self.padre = padre

    def __str__(self):
        return str(self.metrica)

    def copy(self):
        return Hoja(self.metrica, self.padre)

hoja = Hoja("metrica")
nodo = Nodo("interseccion", hoja, hoja)
nodo2 = Nodo("union", nodo, hoja)

print(nodo2)
print(" ")

print("Nodo:", nodo)
print("Raiz:", nodo.obtenerNodoRaiz())

print("Buscar1:", nodo.buscarNodoEnArbol(hoja))
print("Buscar2:", nodo.buscarNodoEnArbol(Hoja("metrica2")))

```

((metrica metrica) U metrica)

Nodo: (metrica metrica)

Raiz: ((metrica metrica) U metrica)

Buscar1: (metrica metrica)

Buscar2: False

[23]: `def crearArbolBinarioAleatorio(hojas):`  
 `"""`

*Un nodo está formado por una accion (union o interseccion) y:*

- 2 nodos*
- 2 hojas*

```

- 1 nodo y 1 hoja
Una hoja es la metrica que compone el arbol
Cada hoja forma un nodo con otra hoja o bien con otro nodo, de forma
→aleatoria
"""
acciones = ["union", "interseccion"]
nodos = []
hojas_libres = hojas.copy()

# En primer lugar meto todas las hojas en un nodo, bien con otra hoja, bien
→con otro nodo,
# de forma aleatoria, con una accion tambien aleatoria
while hojas_libres:
    # Selecciono una de las hojas que quedan libres
    hoja = random.choice(hojas_libres)
    hojas_libres.remove(hoja)

    # Selecciono el nodo hermano de forma aleatoria entre el resto de hojas
→libres y los nodos ya formados
    posibles_hermanos = hojas_libres + nodos
    hermano = random.choice(posibles_hermanos)

    # Selecciono una accion aleatoria
    accion = random.choice(acciones)

    # Creo el nodo
    nodos.append(Nodo(accion, hoja, hermano))

    # Si el hermano era una hoja libre, la elimino como hoja libre
try:
    hojas_libres.remove(hermano)
except:
    pass

    # Si el hermano era un nodo, la elimino de nodos, pues queda
→reemplazado por el nuevo
try:
    nodos.remove(hermano)
except:
    pass

# Una vez tengo todas las hojas 'hermanadas', creo nodos nuevos para
→conectar los nodos que tengo
# hasta que estén todos conectados
# Para ello obtengo la raiz de todas las ramas generadas, y las conecto de
→forma aleatoria

```

```

raices = set()
for nodo in nodos:
    raices.add(nodo.obtenerNodoRaiz())

raices = list(raices)
while len(raices) > 1:
    # Selecciono 2 ramas aleatorias
    raiz1 = random.choice(raices)
    raices.remove(raiz1)
    raiz2 = random.choice(raices)
    raices.remove(raiz2)

    # Selecciono una accion aleatoria
    accion = random.choice(acciones)

    # Conecto las dos raices
    nueva_raiz = Nodo(accion, raiz1, raiz2)
    raices.append(nueva_raiz)

return raices[0]

def generarPoblacionAleatoria(metricas, num_combinaciones, min_metricas,
                                max_metricas, modo):
    if modo not in ["union", "interseccion", "union/interseccion"]:
        print("Modo debe ser 'union', 'interseccion' o 'union/interseccion'")
        return None
    if min_metricas >= max_metricas or min_metricas < 2 or max_metricas >
       len(metricas):
        print("Invalido 'min_metricas'={0} o 'max_metricas'={1}".
              format(min_metricas, max_metricas))
        return None

    # No incluyo el ground truth en las poblaciones
    try:
        metricas.remove("ground_truth")
        if (max_metricas > len(metricas)):
            max_metricas = len(metricas)
    except:
        pass

    poblacion = []
    for _ in range(num_combinaciones):
        # Genero una combinacion aleatoria de entre 2 y len(metricas) metricas
        # combinadas, sin repetir
        combinacion = {"metricas":set()}
        num_metricas = random.randint(min_metricas, max_metricas)

```

```

# Para optimizar el proceso de obtener una metrica aleatoria sin
repetir, voy a hacer una copia
# de 'metricas' de donde iré eliminando las metricas ya seleccionadas
metricas_restantes = metricas.copy()

while len(combinacion["metricas"]) < num_metricas:
    m = random.choice(metricas_restantes)
    combinacion["metricas"].add(m)
    metricas_restantes.remove(m)

if modo == "union/interseccion":
    # Una vez tengo la lista de metricas, selecciono la relacion (union/
    # interseccion)
    # que tiene cada metrica con la siguiente, de forma que tendre
    # num_metricas-1 relaciones
    # Estas relaciones se aplicaran de forma secuencial

    # Creo una hoja por cada metrica
    hojas = []
    for m in combinacion["metricas"]:
        hojas.append(Hoja(m))

    combinacion["arbol"] = crearArbolBinarioAleatorio(hojas)

poblacion.append(combinacion)

return poblacion

def unionKP(metricas, listas_kp:dict):
    all_kp = []
    for metrica in metricas:
        all_kp += listas_kp[metrica]["keypoints"]
    # Eliminando kp duplicados
    return list(set(all_kp))

def interseccionKP(metricas, listas_kp:dict):
    interseccion_kp = []
    for m1 in metricas:
        for kp1 in listas_kp[m1]["keypoints"]:
            # Si el punto ya ha sido añadido a la lista de interseccion no lo
            # busco en las metricas
            if not kp1 in interseccion_kp:
                inters = True
                # Busco si kp1 esta en todas las metricas
                for m2 in metricas:
                    if m1 != m2:

```

```

        inters = False
        for kp2 in listas_kp[m2] ["keypoints"]:
            if dentro_rango(kp1,kp2):
                # Si coincide con algun punto de m2, dejo de
                ↪buscar en m2
                inters = True
                break

            # Si tras recorrer m2, inters=False, ya no hay
            ↪interseccion con todas
            # las metricas, por lo que dejo de buscar kp1 en el
            ↪resto de metricas
            if not inters:
                break

            # Si se ha encontrado el punto en todas las metricas
            ↪(inters=True)
            # entonces pertenece a la interseccion de todas
            if inters:
                interseccion_kp.append(kp1)

    return interseccion_kp

def union_interseccionKP(nodo, listas_kp:dict):

    # Obtengo los kps del primer hijo
    if isinstance(nodo.n1, Hoja):
        kps1 = listas_kp[nodo.n1.metrica] ["keypoints"]
    else:
        kps1 = union_interseccionKP(nodo.n1, listas_kp)

    # Obtengo los kps del segundo hijo
    if isinstance(nodo.n2, Hoja):
        kps2 = listas_kp[nodo.n2.metrica] ["keypoints"]
    else:
        kps2 = union_interseccionKP(nodo.n2, listas_kp)

    kps = []
    if nodo.accion == "union":
        kps = kps1 + kps2
        # Elimino repetidos
        return list(set(kps))
    elif nodo.accion == "interseccion":
        for kp1 in kps1:
            for kp2 in kps2:
                if dentro_rango(kp1,kp2):
                    kps.append(kp1)

```

```

        break

    # Elimino repetidos
    return list(set(kps))

"""
Penalizacion exponencial, para penalizar mas a aquellas combinaciones que
→repitan más métricas
"""

PENALIZACION = 1.5
def penalizacion_metricas_repetidas(num_metricas_repetidas):
    return PENALIZACION**num_metricas_repetidas

def contarMetricasRepetidas(metricas):
    contador = {}
    for m in metricas:
        contador[m] = metricas.count(m)

    num_repeticiones = 0
    for m in contador.keys():
        num_repeticiones += contador[m]-1 # resto 1 porque si una metrica
    →aparece solo 1 vez, no cuenta como repetida
                                         # y si aparece 2, solo cuenta como 1
    →repetido

    return num_repeticiones

def obtenerMetricasArbol(arbol):
    if isinstance(arbol, Hoja):
        return [arbol.metrica]

    metricas_arbol = []

    # Recorro el arbol hasta llegar a un nodo hoja y añadir la metrica

    # Hijo1
    if isinstance(arbol.n1, Hoja):
        metricas_arbol.append(arbol.n1.metrica)
    else:
        metricas_arbol += obtenerMetricasArbol(arbol.n1)

    # Hijo2
    if isinstance(arbol.n2, Hoja):
        metricas_arbol.append(arbol.n2.metrica)
    else:
        metricas_arbol += obtenerMetricasArbol(arbol.n2)

```

```

    return metricas_arbol

def evaluarPoblacion(poblacion, soluciones_sift, modo:str):
    if modo not in ["union", "interseccion","union/interseccion"]:
        print ("Modo debe ser 'union', 'interseccion' o 'union/interseccion'")
        return None

    mejor_combinacion = {"f1_score":-1, "metricas":set()}

    if modo == "union":
        # Me quedo con los kp de la union
        for combinacion in poblacion:
            combinacion["keypoints"] = unionKP(combinacion["metricas"], soluciones_sift)

        # Una vez tengo los kp de la union, calculo f1
        combinacion["f1_score"] = calcular_f1_score(combinacion, soluciones_sift["ground_truth"])

        # Guardo mejor combinacion
        if (combinacion["f1_score"] > mejor_combinacion["f1_score"]):
            mejor_combinacion = combinacion

        elif(combinacion["f1_score"] == mejor_combinacion["f1_score"] and len(combinacion["metricas"]) < len(mejor_combinacion["metricas"])):
            mejor_combinacion = combinacion

    elif modo == "interseccion":
        # Nos unicamente quedamos con la interseccion de los kp
        for combinacion in poblacion:
            combinacion["keypoints"] = interseccionKP(combinacion["metricas"], soluciones_sift)

        # Una vez tengo los kp de la interseccion, calculo f1
        if combinacion["keypoints"]:
            combinacion["f1_score"] = calcular_f1_score(combinacion, soluciones_sift["ground_truth"])
        else:
            # Si la interseccion es vacia entonces f1=0
            combinacion["f1_score"] = 0

        # Guardo mejor combinacion
        if (combinacion["f1_score"] > mejor_combinacion["f1_score"]):
            mejor_combinacion = combinacion

```

```

        elif(combinacion["f1_score"] == mejor_combinacion["f1_score"] and
→len(combinacion["metricas"]) < len(mejor_combinacion["metricas"])):
            mejor_combinacion = combinacion

    elif modo == "union/interseccion":
        # Aplicamos la relacion entre cada metrica de forma secuencial
        for combinacion in poblacion:
            combinacion["keypoints"] =_
→union_interseccionKP(combinacion["arbol"], soluciones_sift)
            combinacion["metricas"] = obtenerMetricasArbol(combinacion["arbol"])

        # Una vez tengo los kp del arbol, calculo f1
        if combinacion["keypoints"]:
            num_rep = contarMetricasRepetidas(combinacion["metricas"])
            combinacion["f1_score"] = calcular_f1_score(combinacion,_
→soluciones_sift["ground_truth"])/penalizacion_metricas_repetidas(num_rep)

        else:
            # Si la interseccion es vacia entonces f1=0
            combinacion["f1_score"] = 0

        # Guardo mejor combinacion
        if (combinacion["f1_score"] > mejor_combinacion["f1_score"]):
            mejor_combinacion = combinacion

        elif(combinacion["f1_score"] == mejor_combinacion["f1_score"] and
→len(combinacion["metricas"]) > len(mejor_combinacion["metricas"])):
            mejor_combinacion = combinacion

    return poblacion, mejor_combinacion

def seleccionarPadres(poblacion):
    poblacion_padres = []
    for _ in range(len(poblacion)):
        emparejamiento = [0,0]
        while emparejamiento[0] == emparejamiento[1]:
            emparejamiento = random.choices(poblacion, k=2)
        # Me quedo con el que tenga mejor f1_score
        # En caso de empate me quedo con el que utilice menos metricas
        if(emparejamiento[0]["f1_score"] == emparejamiento[1]["f1_score"]):
            if(len(emparejamiento[0]["metricas"]) <_
→len(emparejamiento[1]["metricas"])):
                poblacion_padres.append(emparejamiento[0])
            else:
                poblacion_padres.append(emparejamiento[1])
        elif(emparejamiento[0]["f1_score"] > emparejamiento[1]["f1_score"]):

```

```

        poblacion_padres.append(emparejamiento[0])
    else:
        poblacion_padres.append(emparejamiento[1])
    return poblacion_padres

def generarHijos(padres):
    hijos = []
    p = 0
    while p < len(padres)-1:
        # Para cada cruce genero 2 hijos
        for _ in range(2):

            # Metricas utilizadas entre los dos padres
            metricas_padres = set(padres[p] ["metricas"]).
            ↪union(padres[p+1] ["metricas"])

            # num_metricas_hijo = valor aleatorio entre el numero de metricas
            ↪de los dos padres
            if(len(padres[p] ["metricas"]) < len(padres[p+1] ["metricas"])):
                num_metricas_hijo = random.randint(len(padres[p] ["metricas"]), ↪
            ↪len(padres[p+1] ["metricas"]))
            else:
                num_metricas_hijo = random.
            ↪randint(len(padres[p+1] ["metricas"]), len(padres[p] ["metricas"]))

            # Selecciono num_metricas_hijo aleatorias de las metricas de los
            ↪padres, sin repetir
            hijo = {"metricas":set()}
            metricas_padres = list(metricas_padres)
            while len(hijo["metricas"]) < num_metricas_hijo:
                hijo["metricas"].add(random.choice(metricas_padres))
            hijos.append(hijo)
            p += 2
    return hijos

def generarHijosArbol(padres):
    hijos = []
    p = 0
    while p < len(padres)-1:
        # Para cada cruce genero 2 hijos
        for _ in range(2):

            # Cada hijo va ha estar formado por una rama de cada padre
            ↪seleccionada de forma aleatoria
            # Y una accion aleatoria entre esas ramas
            ind_rama1 = random.randint(0,2)

```

```

        if ind_rama1 == 0:
            rama1 = padres[p] ["arbol"].n1.copy()
        else:
            rama1 = padres[p] ["arbol"].n2.copy()

        ind_rama2 = random.randint(0,2)
        if ind_rama2 == 0:
            rama2 = padres[p+1] ["arbol"].n1.copy()
        else:
            rama2 = padres[p+1] ["arbol"].n2.copy()

    # Creo el arbol del hijo
    accion = random.choice(['union','interseccion'])

    arbol_hijo = Nodo(accion,rama1,rama2)
    hijos.append({"arbol":arbol_hijo, "metricas":
    →obtenerMetricasArbol(arbol_hijo)})

    p += 2
    return hijos

def buscarMetricaEnArbol(arbol, metrica):
    if isinstance(arbol, Hoja):
        if arbol.metrica == metrica:
            return arbol
        else:
            return None

    # Hijo 1
    metrica_en_n1 = buscarMetricaEnArbol(arbol.n1, metrica)
    if metrica_en_n1:
        return metrica_en_n1

    # Hijo 2
    metrica_en_n2 = buscarMetricaEnArbol(arbol.n2, metrica)
    if metrica_en_n2:
        return metrica_en_n2

    # Si no se ha encontrado devuelvo nulo
    return None

# Se reemplaza una metrica de la solucion por una que no esté
def mutar(combinacion, metricas):
    nueva_metrica = random.choice(metricas)
    while nueva_metrica in combinacion["metricas"]:
        nueva_metrica = random.choice(metricas)

```

```

# Elimino un elemento aleatorio y añado la nueva
eliminado = random.choice(list(combinacion["metricas"]))
combinacion["metricas"].remove(eliminado)
combinacion["metricas"].add(nueva_metrica)
return combinacion

def mutarArbol(combinacion, metricas):
    nueva_metrica = random.choice(metricas)
    while nueva_metrica in combinacion["metricas"]:
        nueva_metrica = random.choice(metricas)

# Reemplazo una metrica aleatoria por una nueva
hoja = None
combinacion["metricas"] = obtenerMetricasArbol(combinacion["arbol"])
while not hoja:
    reemplazo = random.choice(combinacion["metricas"])
    hoja = buscarMetricaEnArbol(combinacion["arbol"], reemplazo)

hoja.metrica = nueva_metrica
combinacion["metricas"].remove(reemplazo)
combinacion["metricas"].append(nueva_metrica)

return combinacion

def mutaciones(poblacion, metricas, arbol=False):
    # Mutan el 20% de la poblacion
    num_mutaciones = int(len(poblacion)) * 0.2

    # Son las soluciones de la poblacion que van a mutar
    indice_mutaciones = set()
    while len(indice_mutaciones) < num_mutaciones:
        indice_mutaciones.add(random.randint(0, len(poblacion)-1))

    for i in indice_mutaciones:
        if arbol:
            poblacion[i] = mutarArbol(poblacion[i], metricas)
        else:
            poblacion[i] = mutar(poblacion[i], metricas)

    return poblacion

# Reemplaza la generacion anterior, por la nueva, manteniendo la mejor solucion
def reemplazo(hijos, mejor_combinacion_anterior, SOLUCIONES_SIFT, modo:str):
    hijos[-1] = mejor_combinacion_anterior
    return evaluarPoblacion(hijos, SOLUCIONES_SIFT, modo)

```

## 0.5 Union de métricas

```
[24]: # APLICO EL ALGORITMO GENETICO

print("Genero poblacion inicial")

# Genero poblacion inicial
poblacion = generarPoblacionAleatoria(list(SOLUCIONES_SIFT.keys()), □
    ↳num_combinaciones=50, modo="union",
                                min_metricas=2, □
    ↳max_metricas=len(list(SOLUCIONES_SIFT.keys())))

print("Poblacion inicial generada")

# Evaluo poblacion
poblacion, mejor_combinacion = evaluarPoblacion(poblacion, SOLUCIONES_SIFT, □
    ↳"union")

print("mejor inicial".upper(), mejor_combinacion["f1_score"], "->" , □
    ↳len(mejor_combinacion["metricas"]))

mejores_scores = [mejor_combinacion["f1_score"]]
for _ in range(100):

    padres = seleccionarPadres(poblacion)

    hijos = generarHijos(padres)

    hijos = mutaciones(hijos, imagenes)

    poblacion, mejor_combinacion = reemplazo(hijos, mejor_combinacion, □
        ↳SOLUCIONES_SIFT, "union")

    mejores_scores.append(mejor_combinacion["f1_score"])

    if((+_1) % 10 == 0):
        print(_+1, ":", mejor_combinacion["f1_score"], "->" , □
            ↳len(mejor_combinacion["metricas"]))

print("mejor_combinacion".upper(), mejor_combinacion["f1_score"], "->" , □
    ↳len(mejor_combinacion["metricas"]))
```

```
Genero poblacion inicial
Poblacion inicial generada
MEJOR INICIAL 0.2325581395348837 -> 3
10 : 0.26 -> 8
20 : 0.26 -> 8
```

```

30 : 0.26 -> 8
40 : 0.26 -> 8
50 : 0.26 -> 8
60 : 0.26 -> 8
70 : 0.26 -> 8
80 : 0.26 -> 8
90 : 0.26 -> 8
100 : 0.26 -> 8
MEJOR_COMBOINACION 0.26 -> 8

```

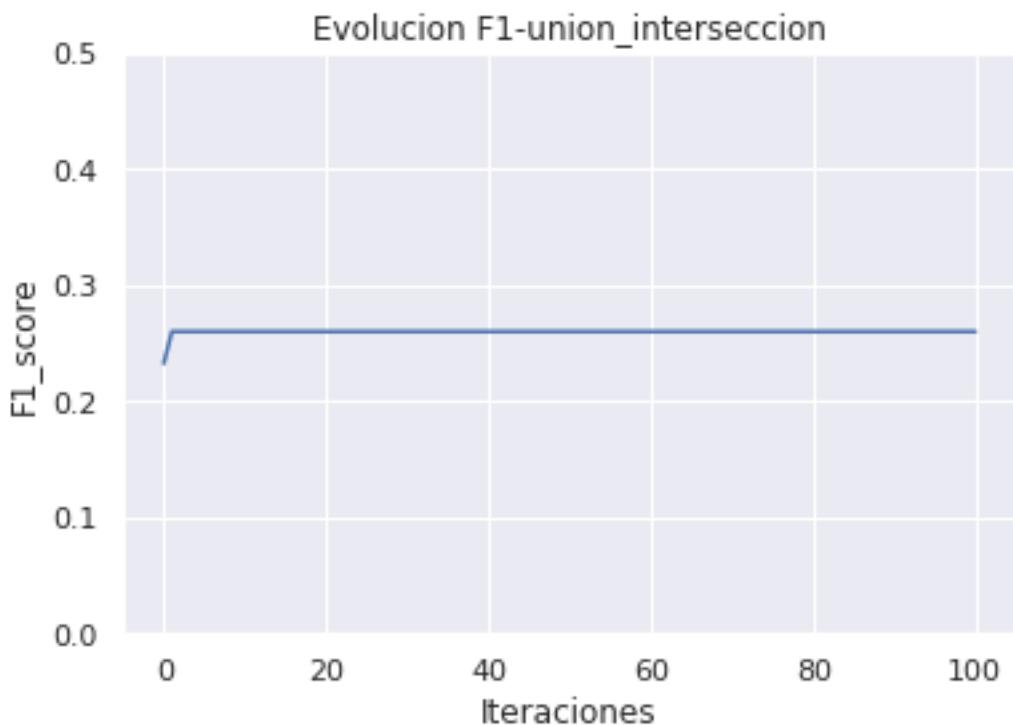
```

[25]: indice = np.arange(len(mejores_scores))

plt.xticks(indice, indice)
x = np.arange(len(mejores_scores))
y = mejores_scores
plt.ylim(0, 0.5)
plt.ylabel("F1_score")
plt.xlabel("Iteraciones")
plt.title('Evolucion F1-union_interseccion')
plt.plot(x, y, "b-")

# Exporto png
plt.savefig('imagenes/resultados/f1score-union')

```



```
[26]: # Leo imagen
imagen = leeImagen('Small/Copia de MDT05-ETRS89-HU30-0172_Sombreado.tif', 0)

# Redimensiono
imagen = cv2.resize(imagen, (1364, 924))

"""

Hay que evitar que coincida en el mismo punto
"""

VP = 0
FP = 0
FN = 0

# Positivos
for kp in mejor_combinacion["keypoints"]:
    coincide = False
    for kp_gt in SOLUCIONES_SIFT["ground_truth"]["keypoints"]:
        if (dentro_rango(kp,kp_gt) and not coincide):
            VP += 1
            coincide = True

    if not coincide:
        FP += 1

# Negativos
for kp_gt in SOLUCIONES_SIFT["ground_truth"]["keypoints"]:
    coincide = False
    for kp in mejor_combinacion["keypoints"]:
        if (dentro_rango(kp,kp_gt) and not coincide):
            coincide = True

    if not coincide:
        FN += 1

sensibilidad = VP / (VP+FN)
precision = VP / (VP+FP)
f1_score = f1(precision, sensibilidad)

print("VP:",VP)
print("FP:",FP)
print("FN:",FN)
print("F1:",f1_score)
```

```

# pinto keypoints
resultado = imagen.copy()
resultado = cv2.drawKeypoints(imagen, list(mejor_combinacion["keypoints"]),
                             resultado, RED, flags=cv2.DRAW_MATCHES_FLAGS_DRAW_RICH_KEYPOINTS)

# Muestro resultados
fig = plt.figure(figsize=(30,20))
ax = plt.subplot(1, 1, 1)
ax.set_title("mejor_combinacion-SIFT-" + str(NUM_KP) + "kp")
ax.imshow(resultado, cmap='gray')
ax.plot()

```

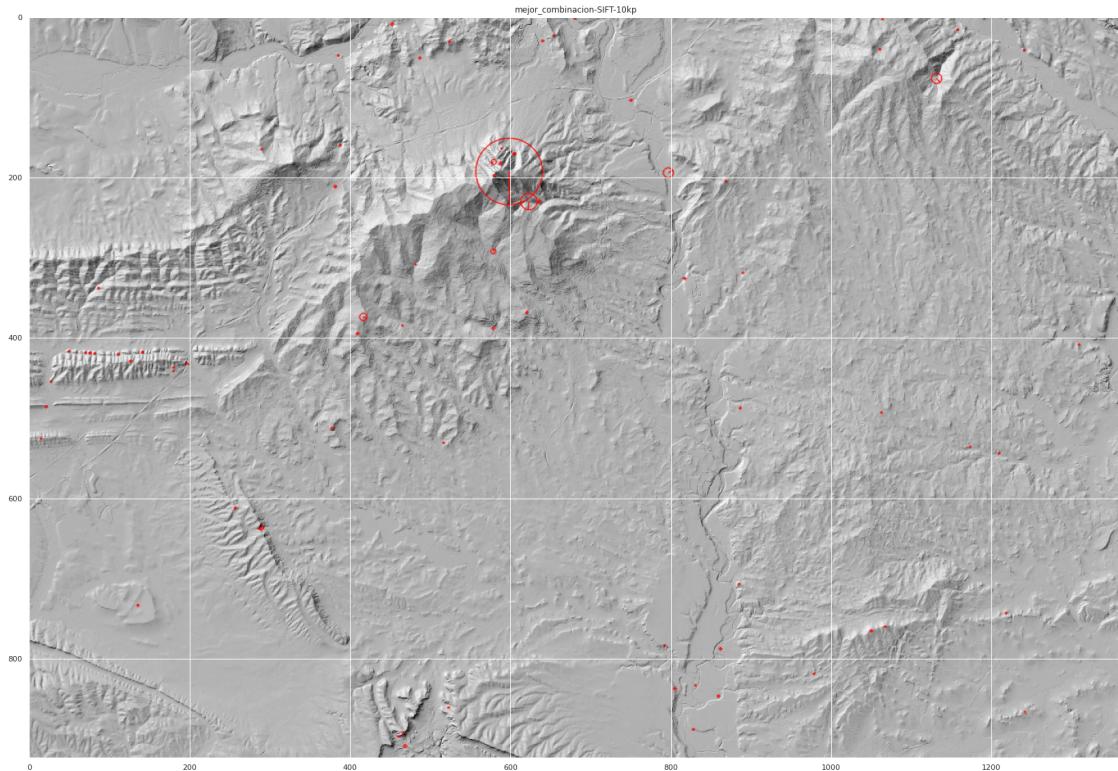
VP: 13

FP: 67

FN: 7

F1: 0.26

[26]: []



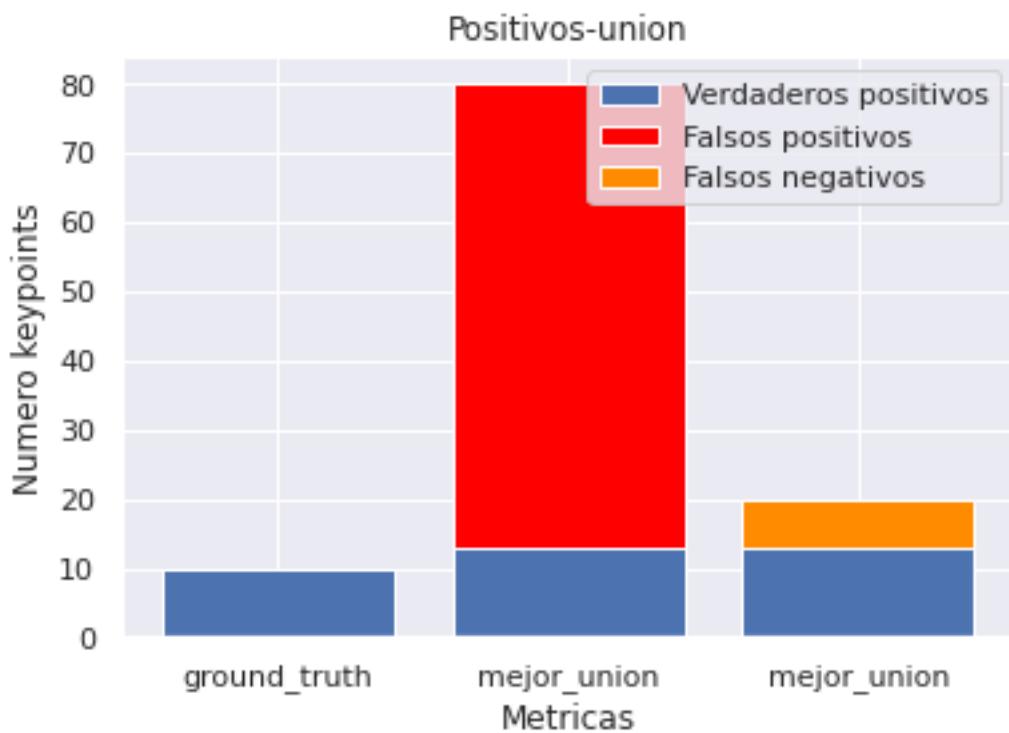
```
[27]: # POSITIVOS
verdaderos_positivos = [len(SOLUCIONES_SIFT["ground_truth"]["keypoints"]), VP, ↵
    ↵VP]
falsos_positivos = [0, FP, 0]
falsos_negativos = [0, 0, FN]

indice = np.arange(len(verdaderos_positivos))
# Se crean las primeras barras
plt.bar(indice, verdaderos_positivos, label='Verdaderos positivos')

# Se crean las segundas barras y se apilan sobre las primeras
plt.bar(indice, falsos_positivos, label='Falsos positivos', ↵
    ↵bottom=verdaderos_positivos, color="red")
plt.bar(indice, falsos_negativos, label='Falsos negativos', ↵
    ↵bottom=verdaderos_positivos, color="darkorange")

plt.xticks(indice, ["ground_truth", "mejor_union", "mejor_union"])
plt.ylabel("Numero keypoints")
plt.xlabel("Metricas")
plt.title('Positivos-union')
plt.legend()

# Exporto png
plt.savefig('imagenes/resultados/metadatos-union')
```



## 0.6 Intersección de métricas

```
[28]: # APLICO EL ALGORITMO GENETICO

# Genero poblacion inicial
poblacion = generarPoblacionAleatoria(list(SOLUCIONES_SIFT.keys()), num_combinaciones=50,
                                         min_metricas=2, max_metricas=len(SOLUCIONES_SIFT), modo="interseccion")

# Evaluo poblacion
poblacion, mejor_combinacion = evaluarPoblacion(poblacion, SOLUCIONES_SIFT, "interseccion")

print("mejor inicial".upper(), mejor_combinacion["f1_score"], "-> ", len(mejor_combinacion["metricas"]))

mejores_scores = [mejor_combinacion["f1_score"]]
for _ in range(100):
    padres = seleccionarPadres(poblacion)

    hijos = generarHijos(padres)

    hijos = mutaciones(hijos, imagenes)

    poblacion, mejor_combinacion = reemplazo(hijos, mejor_combinacion, SOLUCIONES_SIFT, "interseccion")

    mejores_scores.append(mejor_combinacion["f1_score"])

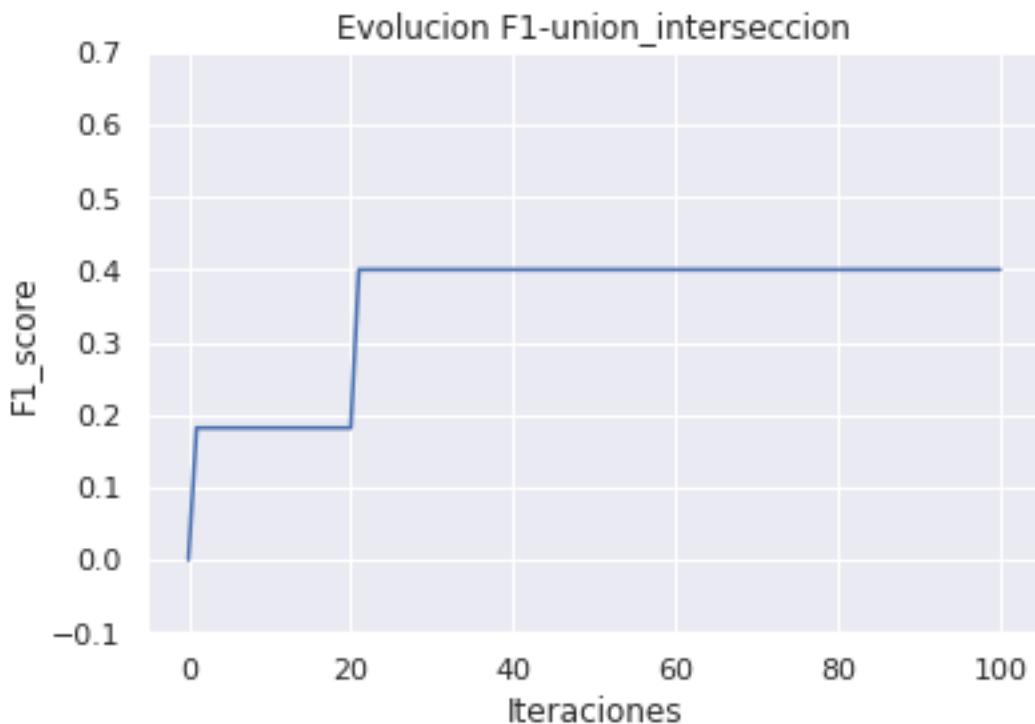
    if(_+1) % 10 == 0:
        print(_+1, ":", mejor_combinacion["f1_score"], "-> ", len(mejor_combinacion["metricas"]))

print("mejor_combinacion".upper(), mejor_combinacion["f1_score"], "-> ", len(mejor_combinacion["metricas"]))
```

```
MEJOR INICIAL 0 -> 2
10 : 0.181818181818182 -> 3
20 : 0.181818181818182 -> 3
30 : 0.4 -> 3
40 : 0.4 -> 3
50 : 0.4 -> 3
60 : 0.4 -> 3
70 : 0.4 -> 3
```

```
80 : 0.4 -> 3  
90 : 0.4 -> 3  
100 : 0.4 -> 3  
MEJOR_COMBO 0.4 -> 3
```

```
[29]: indice = np.arange(len(mejores_scores))  
  
plt.xticks(indice, indice)  
x = np.arange(len(mejores_scores))  
y = mejores_scores  
plt.ylim(-0.1, 0.7)  
plt.ylabel("F1_score")  
plt.xlabel("Iteraciones")  
plt.title('Evolucion F1-union_interseccion')  
plt.plot(x, y, "b-")  
  
# Exporto png  
plt.savefig('imagenes/resultados/f1score-interseccion')
```



```
[30]: # Leo imagen  
imagen = leeImagen('Small/Copia de MDT05-ETRS89-HU30-0172_Sombreado.tif', 0)  
  
# Redimensiono
```

```

imagen = cv2.resize(imagen, (1364, 924))

"""

Hay que evitar que coincida en el mismo punto
"""

VP = 0
FP = 0
FN = 0

# Positivos
for kp in mejor_combinacion["keypoints"]:
    coincide = False
    for kp_gt in SOLUCIONES_SIFT["ground_truth"]["keypoints"]:
        if (dentro_rango(kp,kp_gt) and not coincide):
            VP += 1
            coincide = True

        if not coincide:
            FP += 1

# Negativos
for kp_gt in SOLUCIONES_SIFT["ground_truth"]["keypoints"]:
    coincide = False
    for kp in mejor_combinacion["keypoints"]:
        if (dentro_rango(kp,kp_gt) and not coincide):
            coincide = True

    if not coincide:
        FN += 1

sensibilidad = VP / (VP+FN)
precision = VP / (VP+FP)
f1_score = f1(precision, sensibilidad)

print("VP:",VP)
print("FP:",FP)
print("FN:",FN)
print("F1:",f1_score)

# pinto keypoints
resultado = imagen.copy()

```

```

resultado = cv2.drawKeypoints(imagen, list(mejor_combinacion["keypoints"]), □
→resultado, RED, flags=cv2.DRAW_MATCHES_FLAGS_DRAW_RICH_KEYPOINTS)

# Muestro resultados
fig = plt.figure(figsize=(30,20))
ax = plt.subplot(1, 1, 1)
ax.set_title("mejor_combinacion-SIFT-" + str(NUM_KP) + "kp")
ax.imshow(resultado, cmap='gray')
ax.plot()

```

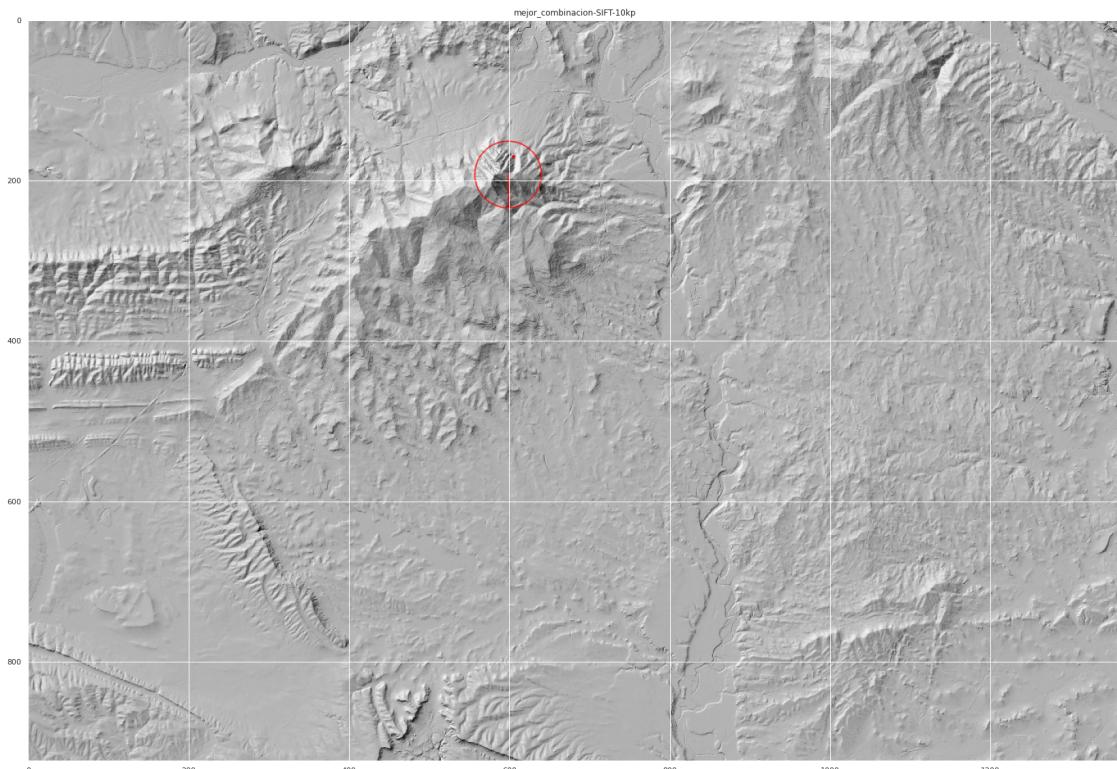
VP: 3

FP: 0

FN: 9

F1: 0.4

[30]: []



[31]: *# POSITIVOS*

```

verdaderos_positivos = [len(SOLUCIONES_SIFT["ground_truth"]["keypoints"]), VP, □
→VP]
falsos_positivos = [0, FP, 0]
falsos_negativos = [0, 0, FN]

```

```

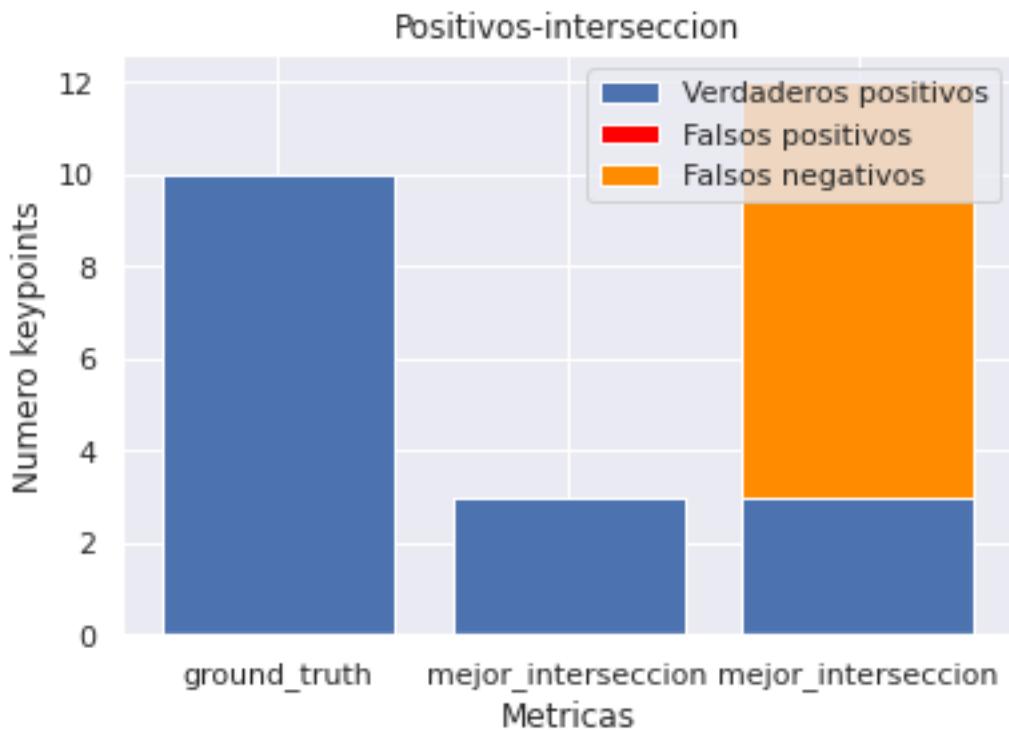
indice = np.arange(len(verdaderos_positivos))
# Se crean las primeras barras
plt.bar(indice, verdaderos_positivos, label='Verdaderos positivos')

# Se crean las segundas barras y se apilan sobre las primeras
plt.bar(indice, falsos_positivos, label='Falsos positivos', bottom=verdaderos_positivos, color="red")
plt.bar(indice, falsos_negativos, label='Falsos negativos', bottom=verdaderos_positivos, color="darkorange")

plt.xticks(indice, ["ground_truth", "mejor_interseccion", "mejor_interseccion"])
plt.ylabel("Numero keypoints")
plt.xlabel("Metricas")
plt.title('Positivos-interseccion')
plt.legend()

# Exporto png
plt.savefig('imagenes/resultados/metadatos-interseccion')

```



## 0.7 Combina union/intersección

```
[32]: # APLICO EL ALGORITMO GENETICO

# Genero poblacion inicial
poblacion = generarPoblacionAleatoria(list(SOLUCIONES_SIFT.keys()), □
→num_combinaciones=50,
                                         min_metricas=2, □
→max_metricas=len(SOLUCIONES_SIFT), modo="union/interseccion")

# Evaluo poblacion
poblacion, mejor_combinacion = evaluarPoblacion(poblacion, SOLUCIONES_SIFT, □
→"union/interseccion")

print("mejor inicial".upper(), mejor_combinacion["f1_score"], "->" , □
→len(mejor_combinacion["metricas"]))
mejores_scores = [mejor_combinacion["f1_score"]]
for _ in range(100):
    padres = seleccionarPadres(poblacion)

    hijos = generarHijosArbol(padres)

    hijos = mutaciones(hijos, imagenes, arbol=True)

    poblacion, mejor_combinacion = reemplazo(hijos, mejor_combinacion, □
→SOLUCIONES_SIFT, "union/interseccion")

    mejores_scores.append(mejor_combinacion["f1_score"])

    if(_+1) % 10 == 0:
        print(_+1, ":", mejor_combinacion["f1_score"], "->" , □
→len(mejor_combinacion["metricas"]))

print("mejor_combinacion".upper(), mejor_combinacion["f1_score"], "->" , □
→len(mejor_combinacion["metricas"]))
```

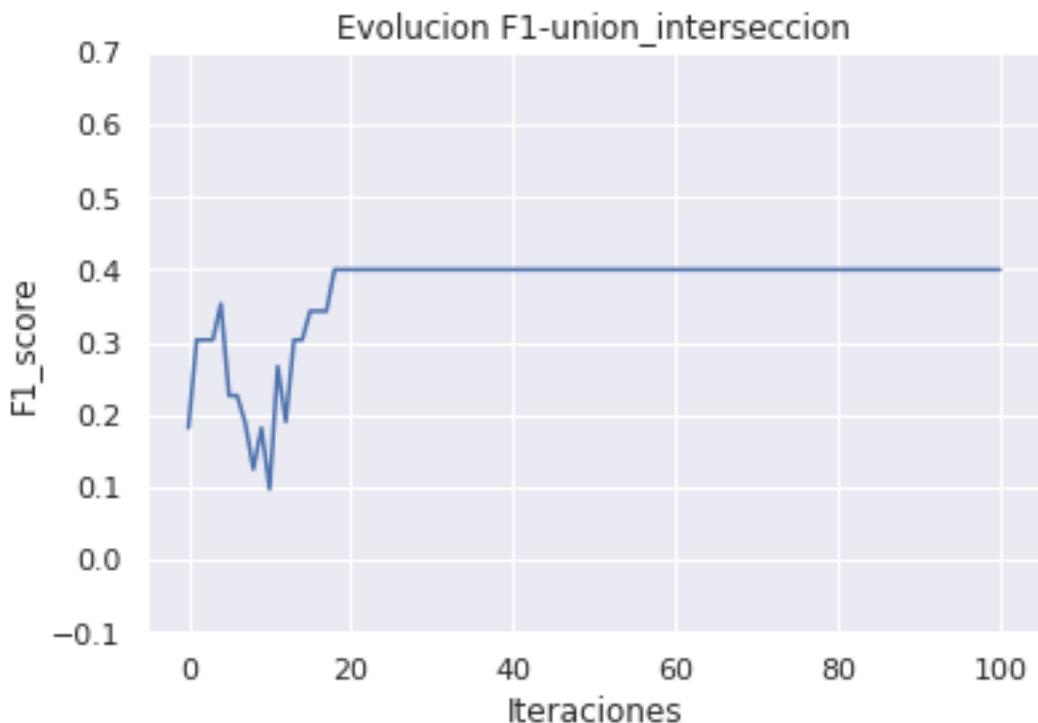
```
MEJOR INICIAL 0.18181818181818182 -> 24
10 : 0.0975609756097561 -> 3
20 : 0.4 -> 2
30 : 0.4 -> 2
40 : 0.4 -> 2
50 : 0.4 -> 2
60 : 0.4 -> 2
70 : 0.4 -> 2
80 : 0.4 -> 2
90 : 0.4 -> 2
100 : 0.4 -> 2
```

MEJOR\_COMBOINACION 0.4 -> 2

```
[33]: indice = np.arange(len(mejores_scores))

# plt.xticks(indice, indice)
x = np.arange(len(mejores_scores))
y = mejores_scores
plt.ylim(-0.1, 0.7)
plt.ylabel("F1_score")
plt.xlabel("Iteraciones")
plt.title('Evolucion F1-union_interseccion')
plt.plot(x, y, "b-")

# Exporto png
plt.savefig('imagenes/resultados/f1score-union_interseccion')
```



```
[34]: # Leo imagen
imagen = leeImagen('Small/Copia de MDT05-ETRS89-HU30-0172_Sombreado.tif', 0)

# Redimensiono
imagen = cv2.resize(imagen, (1364, 924))
```

```

"""
Hay que evitar que coincida en el mismo punto
"""

VP = 0
FP = 0
FN = 0

# Positivos
for kp in mejor_combinacion["keypoints"]:
    coincide = False
    for kp_gt in SOLUCIONES_SIFT["ground_truth"]["keypoints"]:
        if (dentro_rango(kp,kp_gt) and not coincide):
            VP += 1
            coincide = True

        if not coincide:
            FP += 1

# Negativos
for kp_gt in SOLUCIONES_SIFT["ground_truth"]["keypoints"]:
    coincide = False
    for kp in mejor_combinacion["keypoints"]:
        if (dentro_rango(kp,kp_gt) and not coincide):
            coincide = True

    if not coincide:
        FN += 1

sensibilidad = VP / (VP+FN)
precision = VP / (VP+FP)
f1_score = f1(precision, sensibilidad)

print("VP:",VP)
print("FP:",FP)
print("FN:",FN)
print("F1:",f1_score)

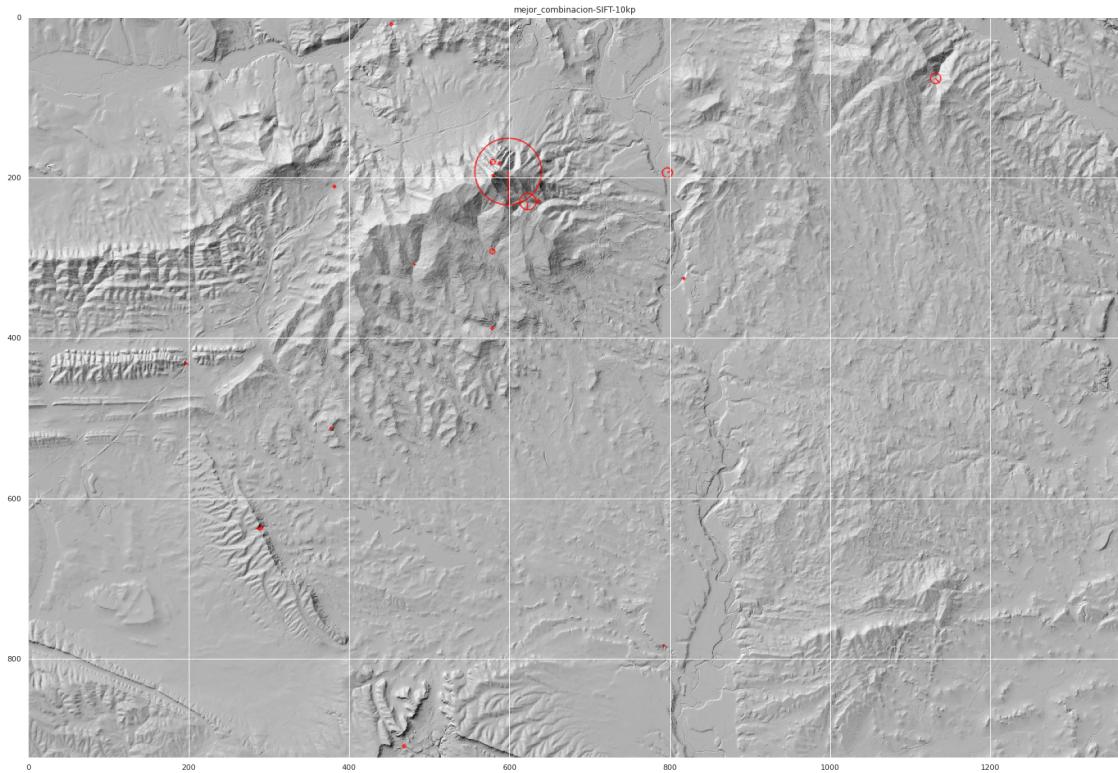
# pinto keypoints
resultado = imagen.copy()
resultado = cv2.drawKeypoints(imagen, list(mejor_combinacion["keypoints"]), □
    ↳resultado, RED, flags=cv2.DRAW_MATCHES_FLAGS_DRAW_RICH_KEYPOINTS)

```

```
# Muestro resultados
fig = plt.figure(figsize=(30,20))
ax = plt.subplot(1, 1, 1)
ax.set_title("mejor_combinacion-SIFT-" + str(NUM_KP) + "kp")
ax.imshow(resultado, cmap='gray')
ax.plot()
```

VP: 7  
 FP: 13  
 FN: 8  
 F1: 0.4

[34]: []



[35]: # POSITIVOS

```
verdaderos_positivos = [len(SOLUCIONES_SIFT["ground_truth"]["keypoints"]), VP, ↵
    ↵VP]
falsos_positivos = [0, FP, 0]
falsos_negativos = [0, 0, FN]

indice = np.arange(len(verdaderos_positivos))
# Se crean las primeras barras
plt.bar(indice, verdaderos_positivos, label='Verdaderos positivos')
```

```

# Se crean las segundas barras y se apilan sobre las primeras
plt.bar(indice, falsos_positivos, label='Falsos positivos', bottom=verdaderos_positivos, color="red")
plt.bar(indice, falsos_negativos, label='Falsos negativos', bottom=verdaderos_positivos, color="darkorange")

plt.xticks(indice, ["ground_truth", "mejor_combinacion", "mejor_combinacion"])
plt.ylabel("Numero keypoints")
plt.xlabel("Metricas")
plt.title('Positivos-union_interseccion')
plt.legend()

# Exporto png
plt.savefig('imagenes/resultados/metadatos-union_interseccion')

```

