

Sistema de detección de emociones faciales mediante técnicas de Machine Learning adaptado a ROS para un robot de bajo coste basado en Raspberry Pi

Javier Martínez Madruga

j.martinezma.2018@alumnos.urjc.es



Trabajo fin de grado

5 de julio de 2022



(CC) **Javier Martínez**

*Este trabajo se entrega bajo licencia **CC BY-NC-SA**.
Usted es libre de (a) compartir: copiar y redistribuir el material en
cualquier medio o formato; y (b) adaptar: remezclar, transformar
y crear a partir del material. El licenciador no puede revocar estas
libertades mientras cumpla con los términos de la licencia.*

Contenidos

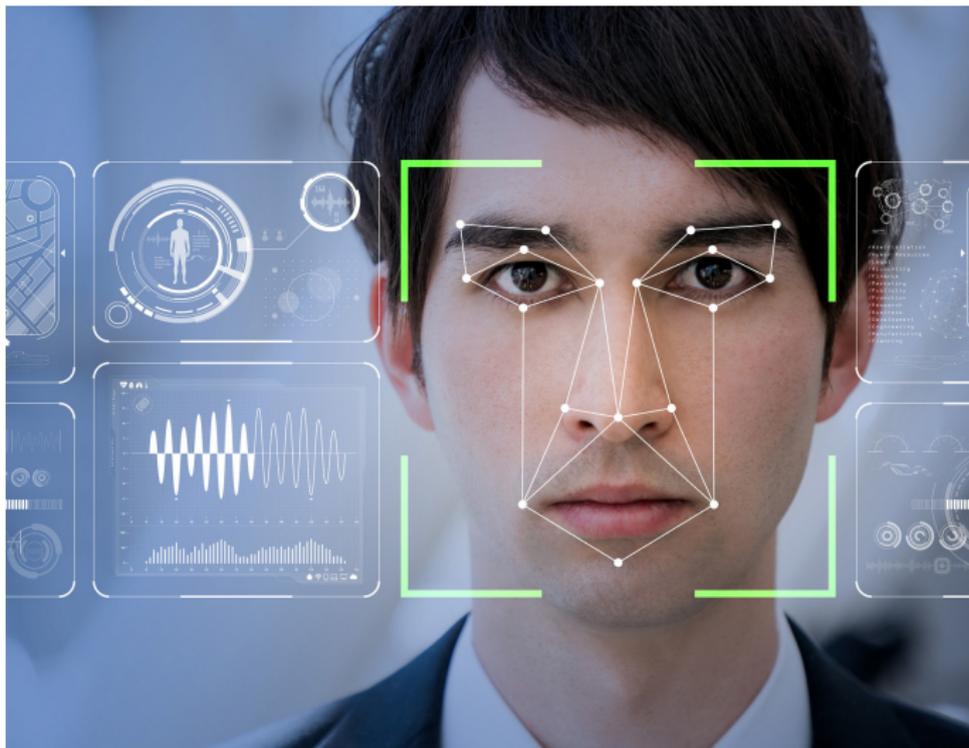
- 1 Introducción
- 2 Objetivos
- 3 Plataforma de desarrollo
- 4 Sistema de detección de emociones
- 5 Estudios de optimización
- 6 Conclusiones

Introducción

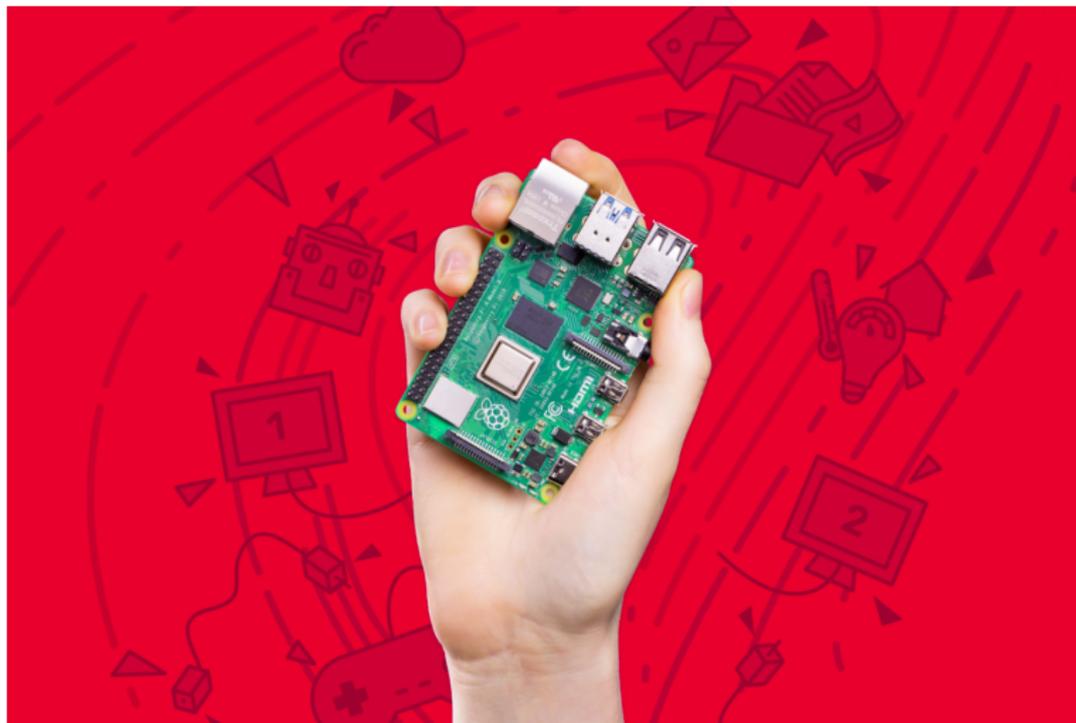
Robótica de Servicio y HRI



Visión Artificial y Machine Learning



Sistemas empotrados



Objetivos

Descripción del problema

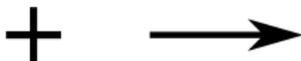
Objetivo principal

Reconocimiento de emociones faciales en un sistema de bajo coste.

Subobjetivos

- Estudiar el estado del arte.
- Optimizar y adaptar la técnica escogida.
- Generar un dataset de valor.
- Entrenar un modelo con varios clasificadores.
- Integrar la herramienta en ROS.

Metodología



jmvega/tfg-jmartinez


[jmrtzma / emotion_detection_ros](#) Public

[1](#) main 1 branch 0 tags Go to file Add file Code

1 **performs updating README** survive 20 hours ago 18 commits

| File | Commit | Age |
|----------------------------|------------------------------|--------------|
| src/ | adding src images | 29 days ago |
| emotion_detection_ros | updating models | 10 days ago |
| emotion_detection_ros_msgs | adding emotion_detection_ros | last month |
| LICENCE | initial commit | last month |
| README.md | updating README | 20 hours ago |
| requirements.txt | adding requirements file | last month |

About
 Real Time Emotion Detection for Low Cost Robot in ROS
[Repository](#) [Website](#) [Issues](#) [Help](#)

README
 GPL-3.0 license
 0 stars
 1 watching
 0 forks

Releases
 No releases published
[Create a new release](#)

Packages
 No packages published
[Publish your first package](#)

Languages


Real Time Emotion Detection for Low Cost Robot in ROS

Overview

This is a ROS package developed for emotion detection in camera images of low cost robots. The detection system has been developed in Javier Martínez's final degree project, more information [here](#).

This package has been tested under ROS Noetic in Raspberry Pi 4b under Raspberry Pi OS (buster) 32-bit. The camera that has been used is the Raspberry Pi Camera Module V2.1.

Author: [Javier Martínez](#)

Based on [The Extended Cohen-Kanade Dataset \(CK+\)](#)[1][2] this system can detect 4 emotions:

- Happy
- Surprise
- Anger
- Sadness

There are three models pre-trained available for use:

- KNN (K Nearest Neighbours) - Accuracy: 95% (model recommended)
- SVM (Support Vector Machine) - Accuracy: 95% (value of probability in output not available)
- MLP (Multi Layer Perceptron) - Accuracy: 95%

In [Model configuration](#) section explains how to change the model.

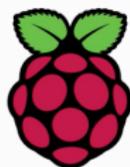
One face examples

Video DEMO [here](#).



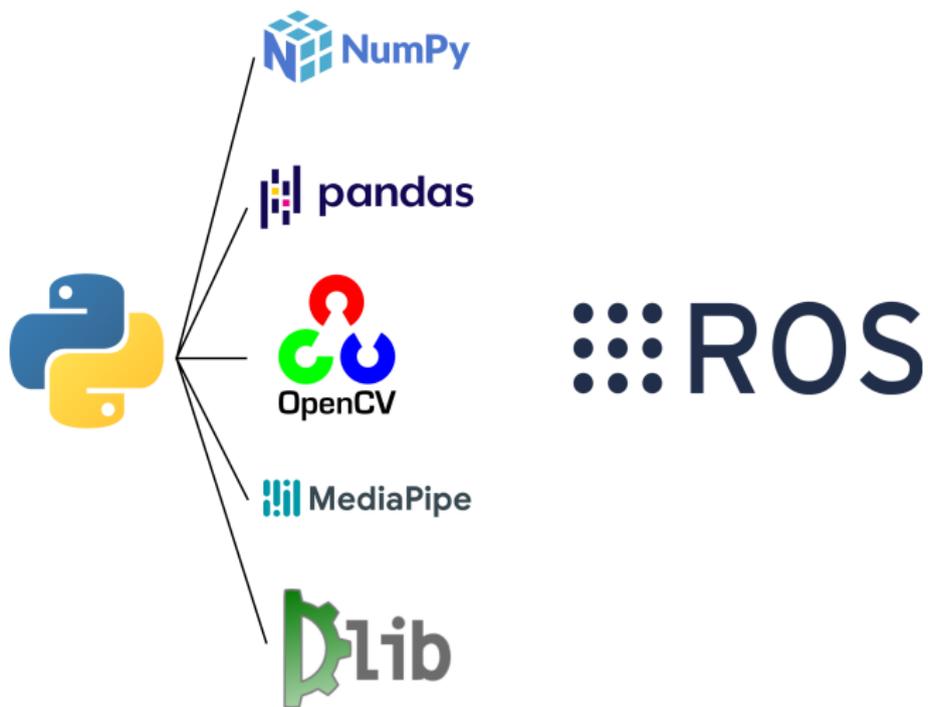
Plataforma de desarrollo

Raspberry

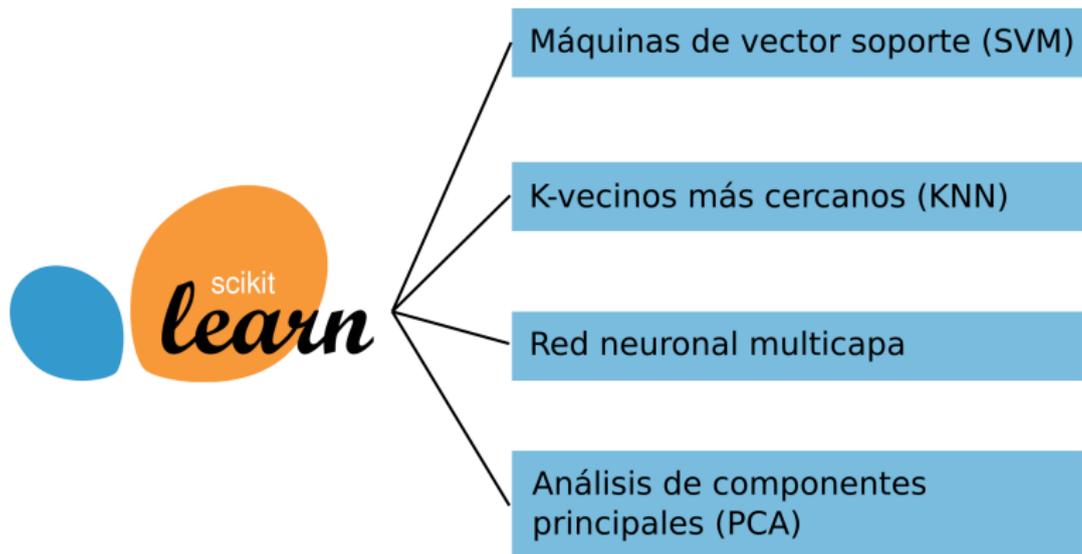


Raspberry Pi OS

Herramientas Software

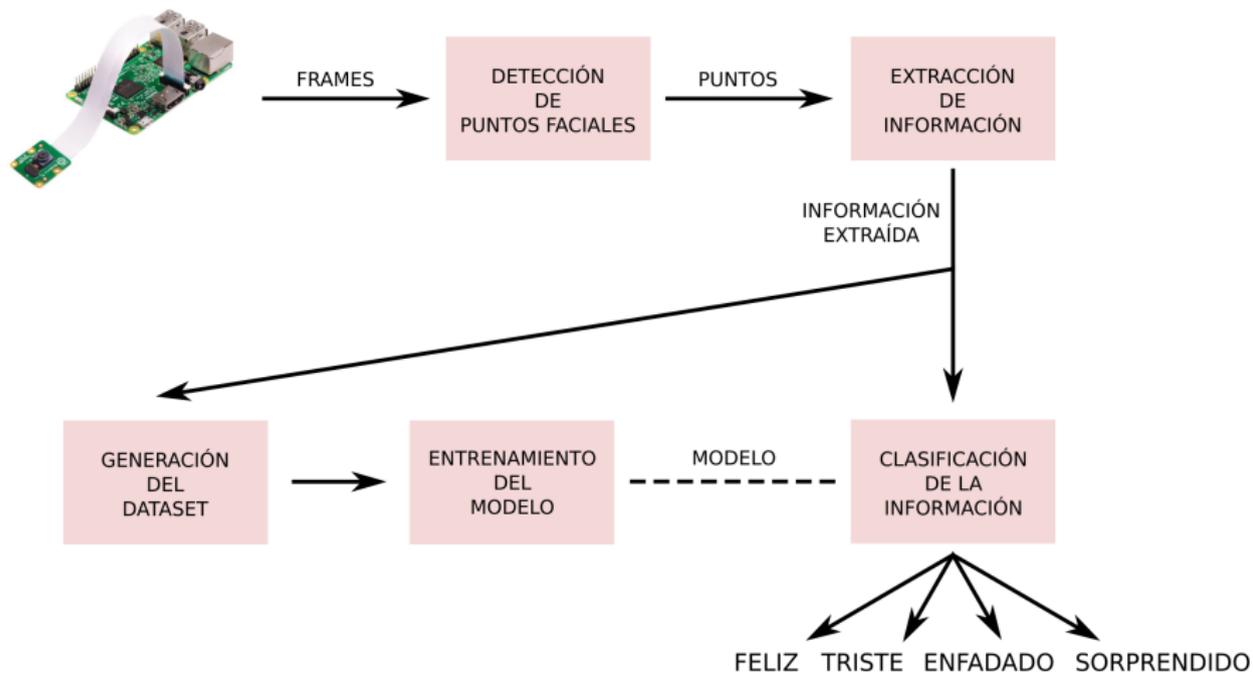


Algoritmos de Machine Learning

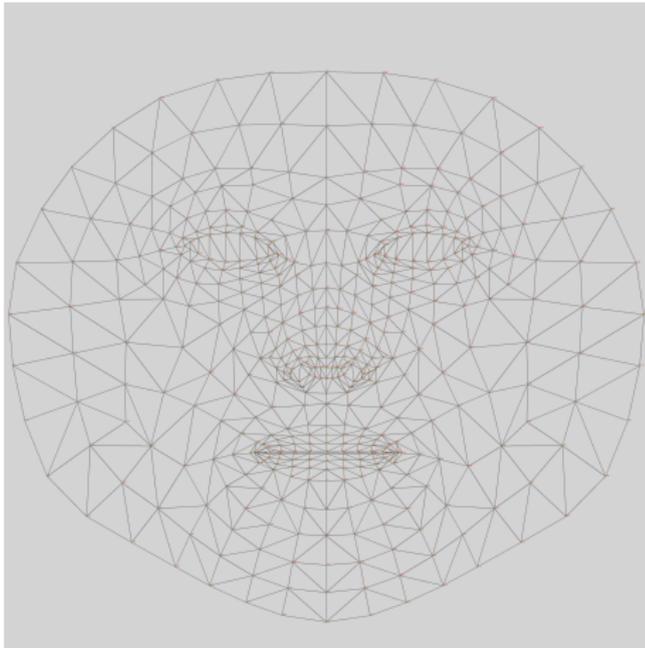


Sistema de detección de emociones

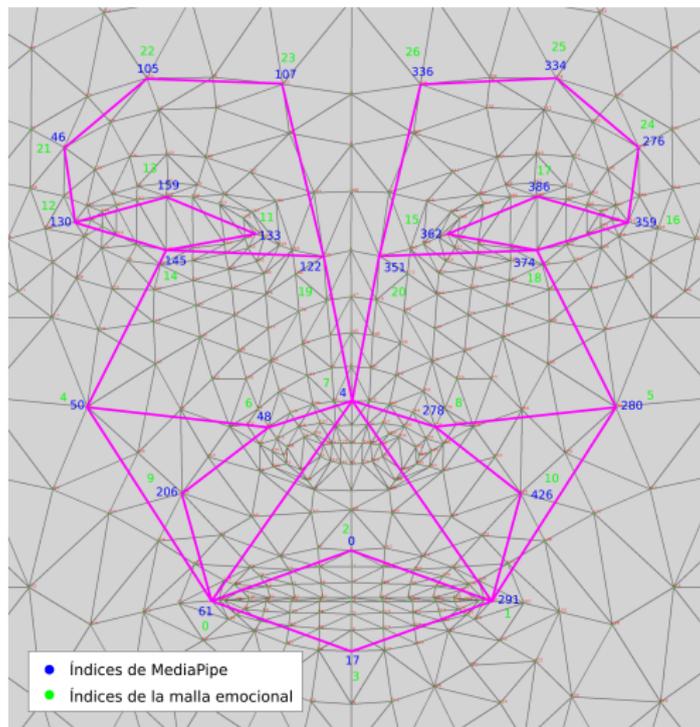
Esquema general



MediaPipe FaceMesh



Malla emocional



[Siam, 2022]

FACS y EMFACS

| AU | Descripciones FACS |
|----|-------------------------------------|
| 1 | Interior de las cejas elevado |
| 2 | Exterior de las cejas elevado |
| 4 | Cejas bajadas |
| 5 | Párpado superior elevado |
| 6 | Mejillas elevadas |
| 7 | Párpados tensos |
| 9 | Nariz arrugada |
| 10 | Labio superior elevado |
| 12 | Comisuras de los labios elevados |
| 15 | Comisuras de los labios hacia abajo |
| 16 | Labio inferior hacia abajo |
| 17 | Barbilla elevada |
| 20 | Labios apretados y estirados |
| 22 | Labios en forma de o |
| 23 | Labios tensos |
| 24 | Labios presionados |
| 25 | Labios separados |
| 26 | Boca abierta (mandíbula caída) |
| 27 | Boca abierta |

| Emoción | AU |
|-----------|-----------------------------|
| Felicidad | 6 + 12 |
| Tristeza | 1 + 4 + 15 |
| Sorpresa | 1 + 2 + 5 + 26 |
| Miedo | 1 + 2 + 4 + 5 + 7 + 20 + 26 |
| Enfado | 4 + 5 + 7 + 23 |
| Asco | 9 + 15 + 17 |
| Desprecio | 12 + 14 |

The Extended Cohn-Kanade Dataset (CK+)



Contenido

- 327 imágenes etiquetadas.
- 7 clases (anger, contempt, disgust, fear, happy, sadness, surprise).

[Kanade, 2000] [Lucey, 2010]

Dataset generado

| X0 | X1 | X2 | ... | X19 | X20 | y |
|-----------|------------|------------|-----|-----------|-----------|-----|
| 54.288044 | 37.570711 | 154.655589 | ... | 44.625203 | 63.887010 | 1.0 |
| 44.670597 | 35.229102 | 148.630240 | ... | 47.334403 | 61.278073 | 1.0 |
| 46.613914 | 36.808837 | 161.148375 | ... | 57.291823 | 64.390395 | 1.0 |
| 49.404349 | 47.407905 | 153.817836 | ... | 49.880184 | 61.894869 | 1.0 |
| 42.510847 | 43.626048 | 146.891826 | ... | 46.965439 | 59.971707 | 1.0 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 23.444336 | 97.667648 | 88.384186 | ... | 28.011004 | 63.905389 | 7.0 |
| 24.634940 | 96.406625 | 93.413763 | ... | 28.637606 | 63.551521 | 7.0 |
| 22.425106 | 105.319774 | 87.727242 | ... | 30.811141 | 61.646881 | 7.0 |
| 15.966920 | 120.968600 | 60.790043 | ... | 28.018767 | 56.442379 | 7.0 |
| 19.667632 | 104.568158 | 80.332991 | ... | 29.088510 | 64.107810 | 7.0 |

Contenido

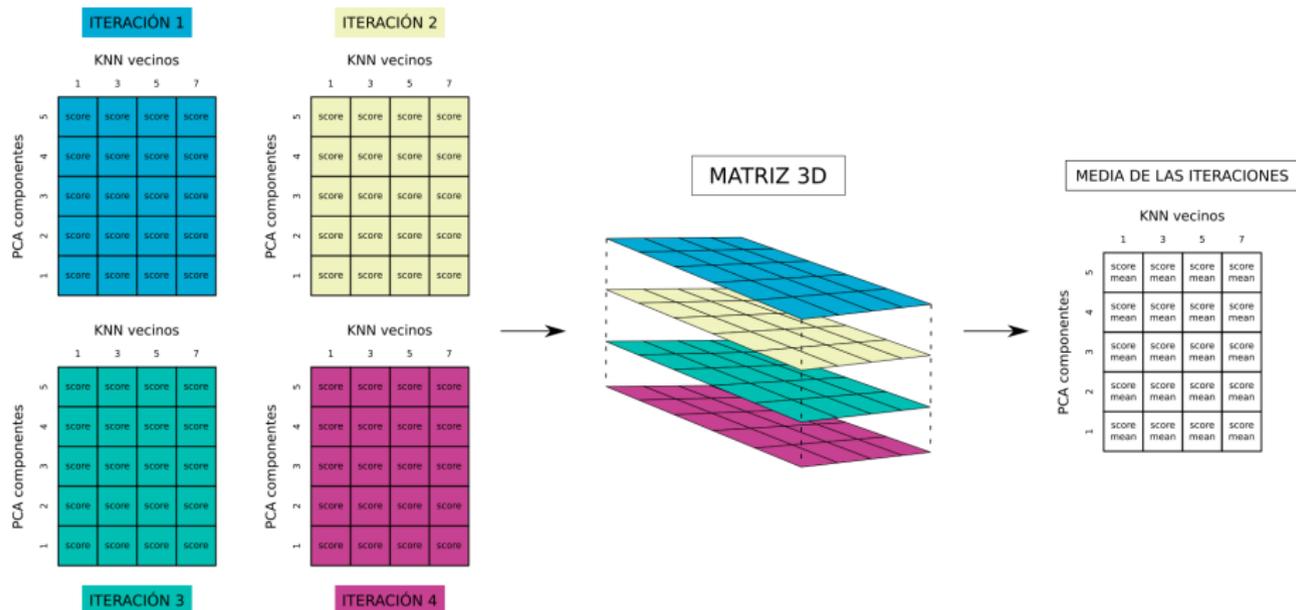
- 226 muestras.
- 21 características.
- 4 clases (anger, happy, sadness, surprise).

Saltar a la diapositiva [25](#).

Validación cruzada K-Fold Stratified de 4 pliegues

| | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| Iteración 1 | Test | Train | Train | Train |
| Iteración 2 | Train | Test | Train | Train |
| Iteración 3 | Train | Train | Test | Train |
| Iteración 4 | Train | Train | Train | Test |

Búsqueda de los parámetros óptimos



Parámetros óptimos

Intervalos de valores testeados

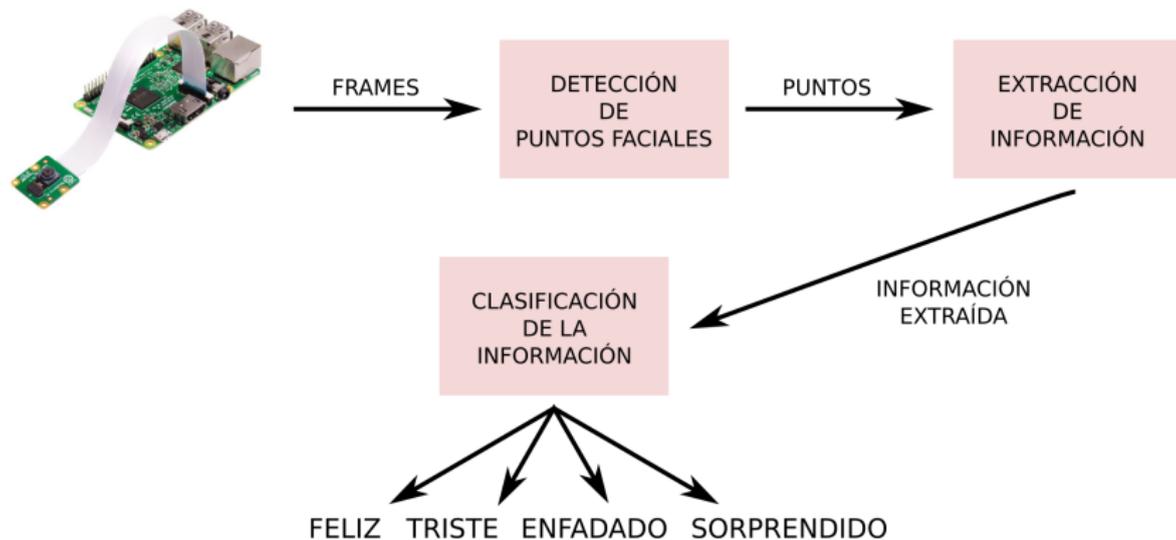
- PCA: número de *componentes* en [2, 20]
- KNN: valores impares de *k* en [1, 13]
- SVM: valores de *C* en [1, 999] con saltos de 10
- MLP: 1 capa oculta de [5, 24] *neuronas*

| Clasificador y PCA | Parámetros |
|--------------------|--|
| KNN y PCA | $k = 7$, $n_components = 11$ |
| SVM y PCA | $C = 21$, $n_components = 11$ |
| MLP y PCA | $hidden_layer_sizes = (17)$, $n_components = 11$ |

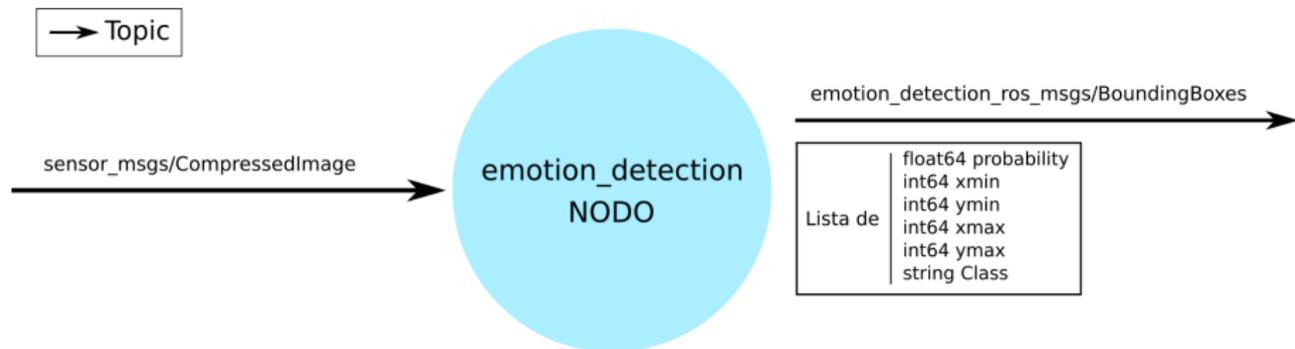
Resultados del entrenamiento

| Clasificador | Accuracy | Precision | Recall | F1-score |
|---------------------|-----------------|------------------|---------------|-----------------|
| KNN | 0.95 | 0.93 | 0.94 | 0.92 |
| SVM | 0.95 | 0.93 | 0.92 | 0.92 |
| MLP | 0.95 | 0.95 | 0.93 | 0.93 |

Esquema de funcionamiento del sistema



Esquema de funcionamiento del sistema en ROS

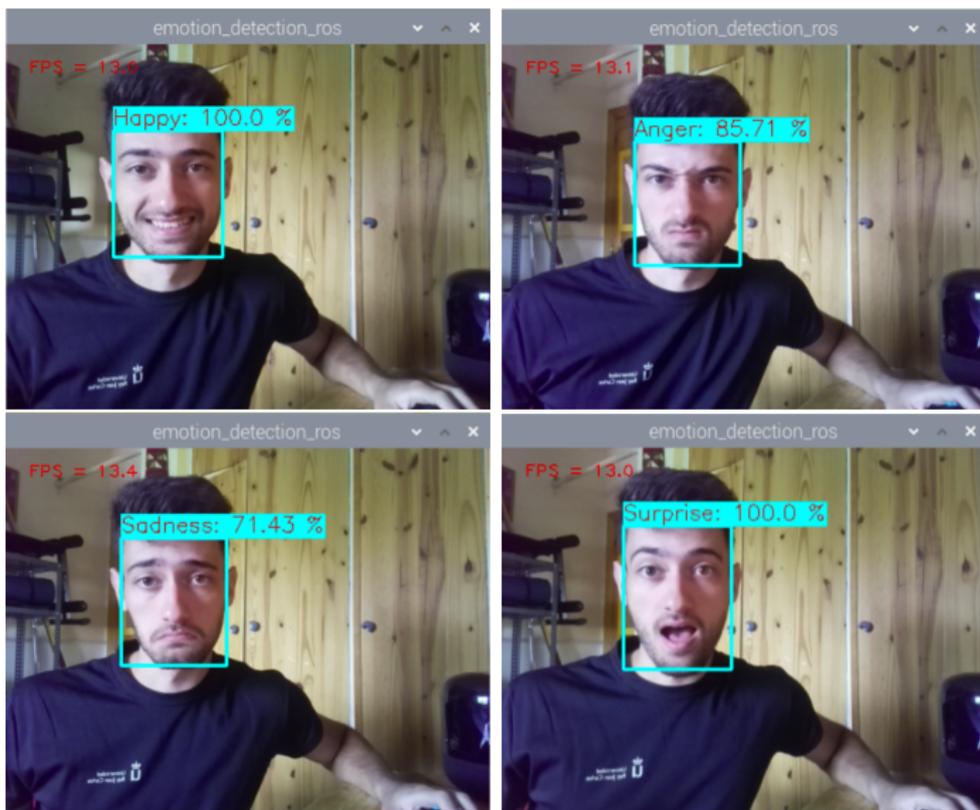


Parámetros de configuración

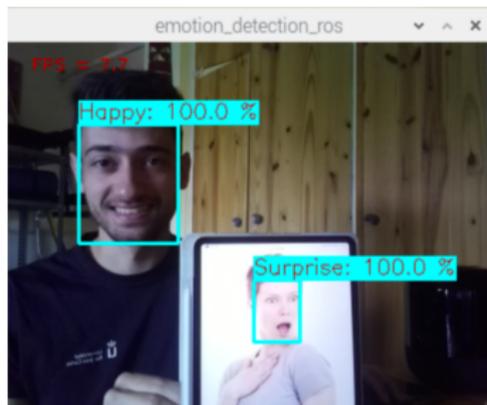
```
1  model:  
2  
3  algorithm: KNN  
4  max_num_faces: 1
```

```
1  subscribers:  
2  
3  camera_reading:  
4    topic: /raspicam_node/image/compressed  
5    queue_size: 1  
6  
7  publishers:  
8  
9  bounding_boxes:  
10    topic: /emotion_detection_ros/bounding_boxes  
11    queue_size: 1  
12    latch: False  
13  
14  image_view:  
15  
16    enable: True  
17    wait_key_delay: 1
```

Ejemplo de funcionamiento con 1 cara



Ejemplo de funcionamiento con 2 caras



```
---  
bounding_boxes:  
  
  probability: 100.0  
  xmin: 198  
  ymin: 199  
  xmax: 234  
  ymax: 249  
  Class: "Surprise"  
-  
  
  probability: 100.0  
  xmin: 42  
  ymin: 74  
  xmax: 131  
  ymax: 177  
  Class: "Happy"  
---
```

Rendimiento

max_num_faces: 1

| Caras detectadas | Media de FPS | Valor máximo de FPS | Valor mínimo de FPS |
|------------------|--------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 13.18 | 15.13 | 11.04 |

max_num_faces: 2

| Caras detectadas | Media de FPS | Valor máximo de FPS | Valor mínimo de FPS |
|------------------|--------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 11.11 | 11.97 | 9.18 |
| 2 | 7.53 | 8.35 | 6.96 |

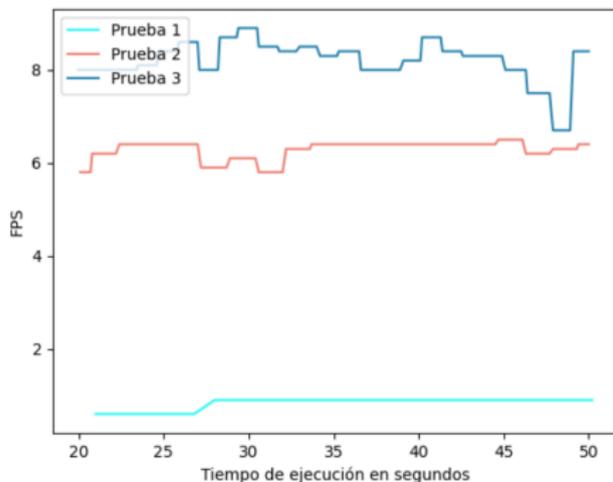
max_num_faces: 3

| Caras detectadas | Media de FPS | Valor máximo de FPS | Valor mínimo de FPS |
|------------------|--------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 11.05 | 11.72 | 9.41 |
| 2 | 6.77 | 7.61 | 6.15 |
| 3 | 5.37 | 6.93 | 5.02 |

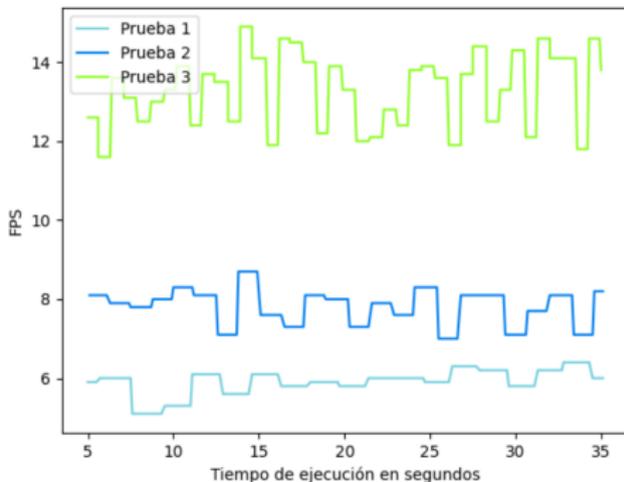
Estudios de optimización

Estudio de rendimiento para dlib y MediaPipe

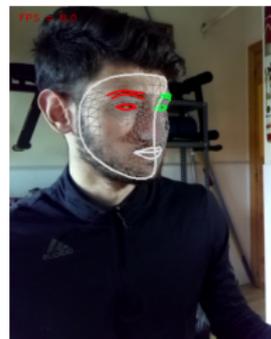
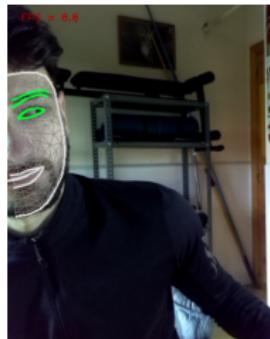
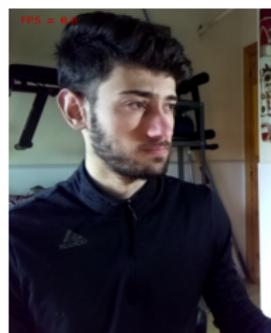
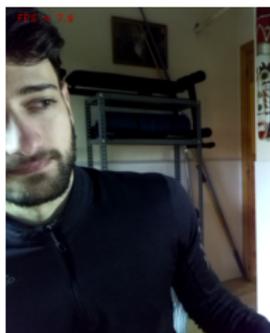
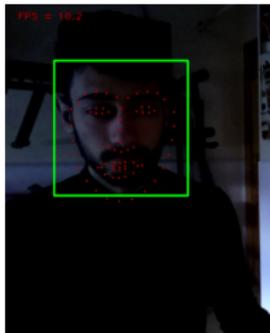
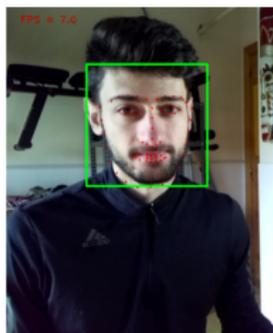
dlib



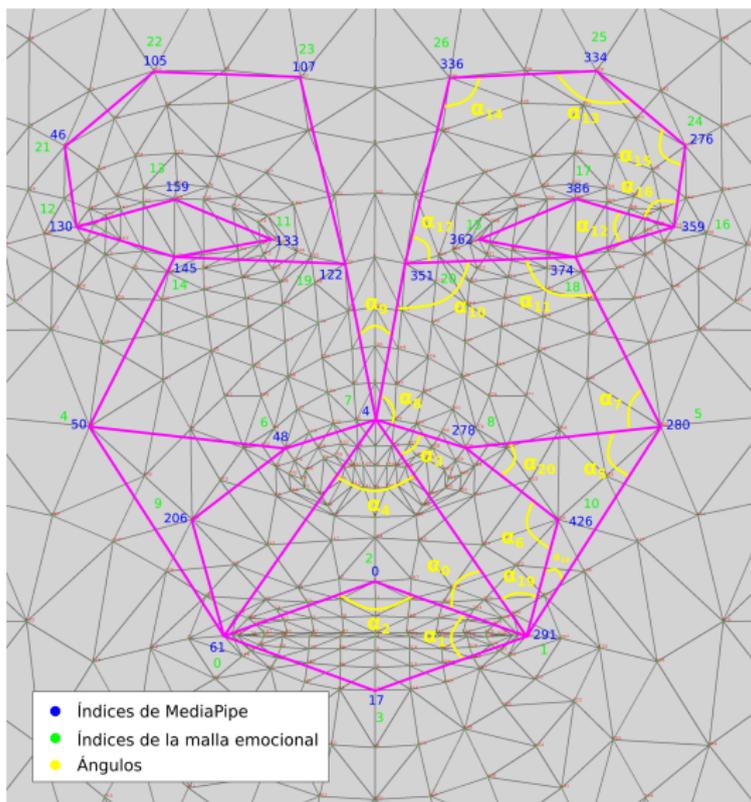
MediaPipe



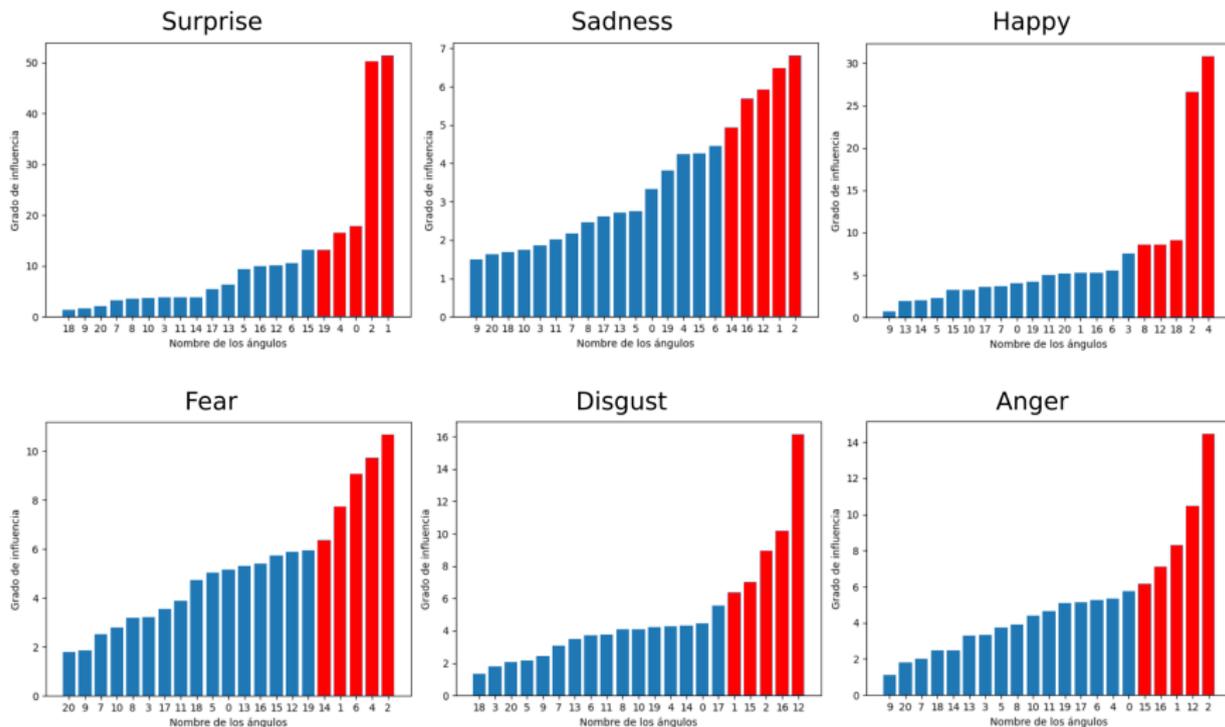
Estudio de precisión para dlib y MediaPipe



Estudio de ángulos más influyentes en cada emoción



Resultados del estudio de ángulos más influyentes



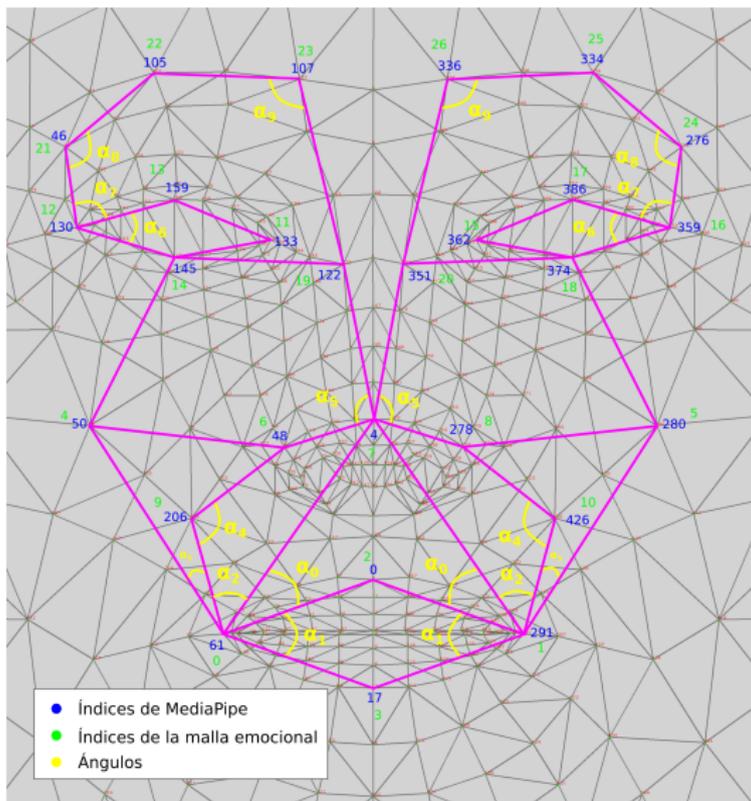
Volver a la diapositiva [21](#).

Resultados del estudio de ángulos más influyentes

| Emoción | Ángulos influyentes |
|----------------|----------------------------|
| Sorpresa | 1, 2, 0, 4, 19 |
| Tristeza | 2, 1, 12, 16, 14 |
| Felicidad | 4, 2, 18, 12, 8 |
| Miedo | 2, 4, 6, 1, 14 |
| Asco | 12, 16, 2, 15, 1 |
| Enfado | 2, 12, 1, 16, 15 |
| Desprecio | 2, 1, 4, 0, 19 |

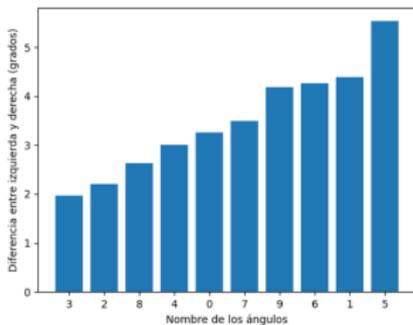
Ángulos más influyentes: 2, 12, 1, 16, 15, 4, 6, 14, 18, 8, 0 y 19

Estudio de simetría de las emociones

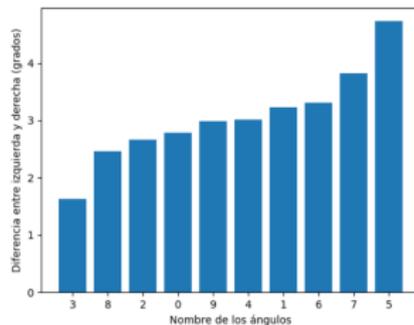


Resultados del estudio de simetría

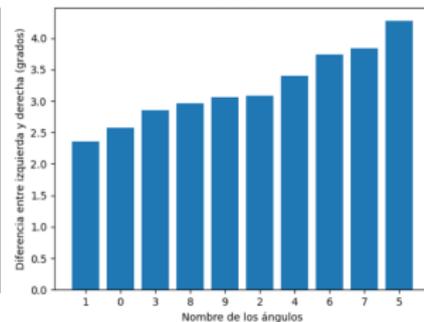
Surprise



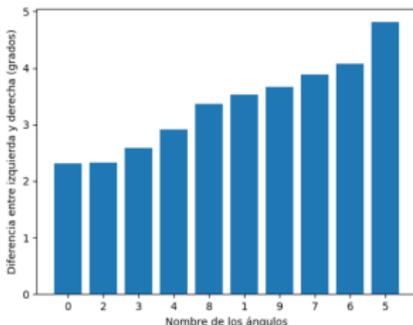
Sadness



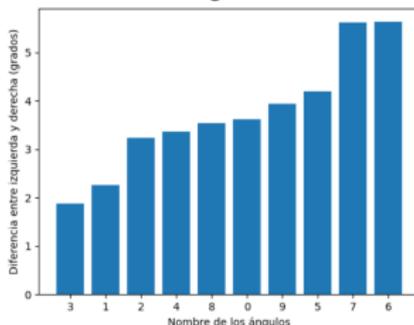
Happy



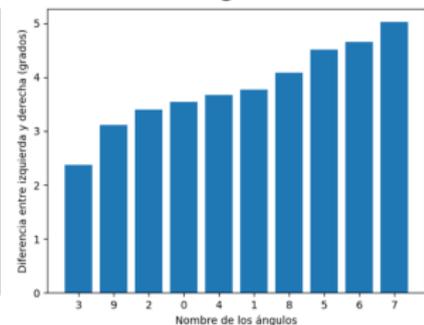
Fear



Disgust



Anger



Búsqueda del dataset con más rendimiento

Resultados entrenamiento dataset1

| Clasificador | Accuracy | Precision | Recall | F1-score |
|---------------------|-----------------|------------------|---------------|-----------------|
| KNN | 0.82 | 0.76 | 0.74 | 0.74 |
| SVM | 0.84 | 0.79 | 0.78 | 0.77 |
| MLP | 0.82 | 0.78 | 0.78 | 0.77 |

Resultados entrenamiento dataset2

| Clasificador | Accuracy | Precision | Recall | F1-score |
|---------------------|-----------------|------------------|---------------|-----------------|
| KNN | 0.83 | 0.79 | 0.75 | 0.75 |
| SVM | 0.84 | 0.80 | 0.77 | 0.78 |
| MLP | 0.84 | 0.81 | 0.80 | 0.80 |

Entrenamiento con SVM. Iteraciones de K-Fold, dataset2

| Clase | Precision | Recall | F1-score |
|-----------|-----------|--------|----------|
| Enfado | 0.67 | 0.50 | 0.57 |
| Desprecio | 0.67 | 0.50 | 0.57 |
| Asco | 0.76 | 0.87 | 0.81 |
| Miedo | 0.67 | 1.00 | 0.80 |
| Felicidad | 0.94 | 0.94 | 0.94 |
| Tristeza | 0.83 | 0.71 | 0.77 |
| Sorpresa | 0.95 | 0.95 | 0.95 |

| Clase | Precision | Recall | F1-score |
|-----------|-----------|--------|----------|
| Enfado | 0.71 | 0.45 | 0.56 |
| Desprecio | 0.57 | 0.80 | 0.67 |
| Asco | 0.76 | 0.93 | 0.84 |
| Miedo | 1.00 | 0.71 | 0.83 |
| Felicidad | 0.85 | 1.00 | 0.92 |
| Tristeza | 0.83 | 0.71 | 0.77 |
| Sorpresa | 1.00 | 0.95 | 0.98 |

| Clase | Precision | Recall | F1-score |
|-----------|-----------|--------|----------|
| Enfado | 0.75 | 0.82 | 0.78 |
| Desprecio | 0.67 | 0.80 | 0.73 |
| Asco | 0.82 | 0.93 | 0.87 |
| Miedo | 0.80 | 0.67 | 0.73 |
| Felicidad | 0.94 | 0.94 | 0.94 |
| Tristeza | 1.00 | 0.57 | 0.73 |
| Sorpresa | 0.95 | 0.95 | 0.95 |

| Clase | Precision | Recall | F1-score |
|-----------|-----------|--------|----------|
| Enfado | 0.67 | 0.55 | 0.60 |
| Desprecio | 0.50 | 0.25 | 0.33 |
| Asco | 0.67 | 0.80 | 0.73 |
| Miedo | 1.00 | 0.67 | 0.80 |
| Felicidad | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Tristeza | 0.50 | 0.71 | 0.59 |
| Sorpresa | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Volver a la diapositiva [37](#).

Conclusiones

Objetivo principal cumplido

Reconocimiento de emociones en un sistema de bajo coste.

Subobjetivos cumplidos

- Estudiar el estado del arte y elegir la técnica más óptima.
- Optimizar y adaptar la técnica escogida en nuestra plataforma.
- Generar un dataset de valor.
- Realizar el entrenamiento del modelo.
- Integrar el sistema en ROS.

Líneas futuras

- Implementar aplicaciones de HRI que se ayuden de esta herramienta.
- Portar el sistema a otras plataformas.
- Añadir nuevas funcionalidades a la herramienta.



Sistema de detección de emociones faciales mediante técnicas de Machine Learning adaptado a ROS para un robot de bajo coste basado en Raspberry Pi

Javier Martínez Madruga

j.martinezma.2018@alumnos.urjc.es



Trabajo fin de grado

5 de julio de 2022