

# ANALÍTICA DE DATOS EN SALUD (SSDSA<sub>PP</sub>)

## *“Sleep Stage Detection Systems App”*

*Explorar las profundidades del sueño es  
desentrañar los misterios de la mente.*

*Matthew Walker*

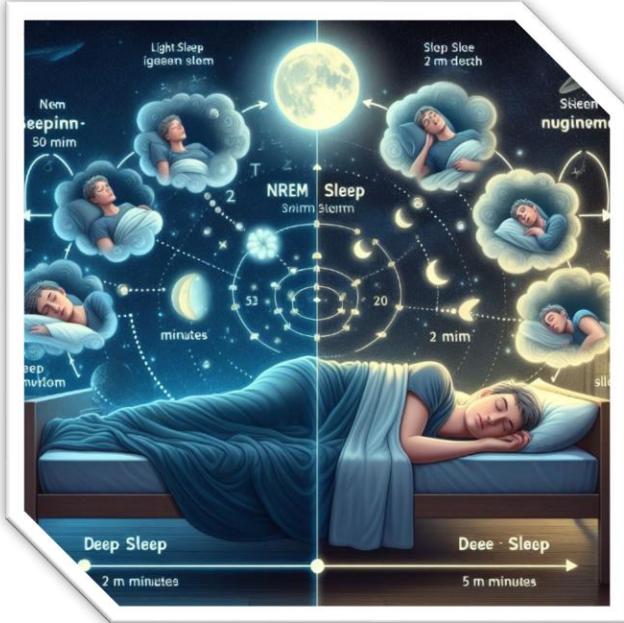


**José Javier Gutiérrez Gil**  
[jogugil@gmail.com](mailto:jogugil@gmail.com)

Promethean  
DataSphere  
Advisors



# INTRODUCCIÓN



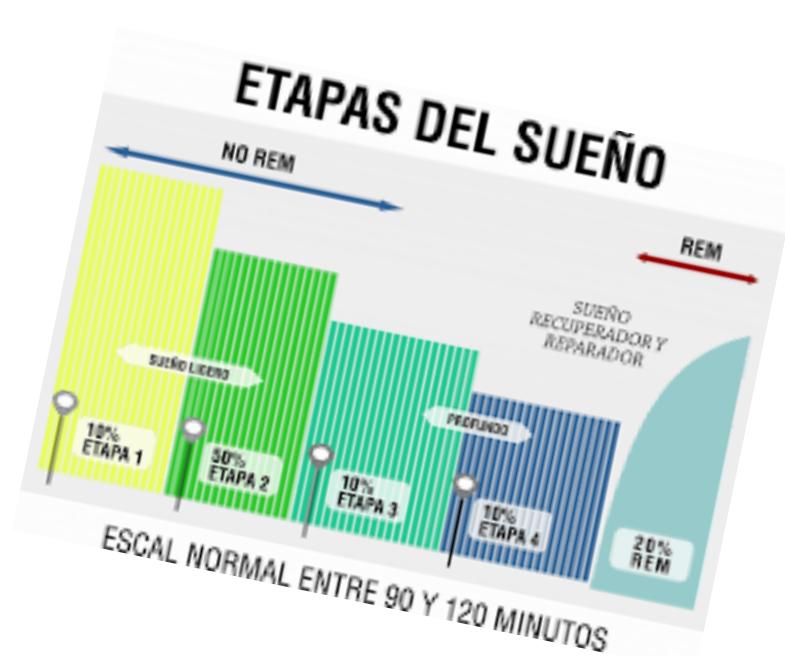
- 1. Contextualización**
- 2. Caso de Estudio**
- 3. Sleep Stage Detection System App**
- 4. Resultados**
- 5. Conclusiones**
- 6. Reflexiones**



**“Sleep Stage Detection Systems App”**



# CONTEXTUALIZACIÓN: EL SUEÑO, SUS FASES Y ETAPAS

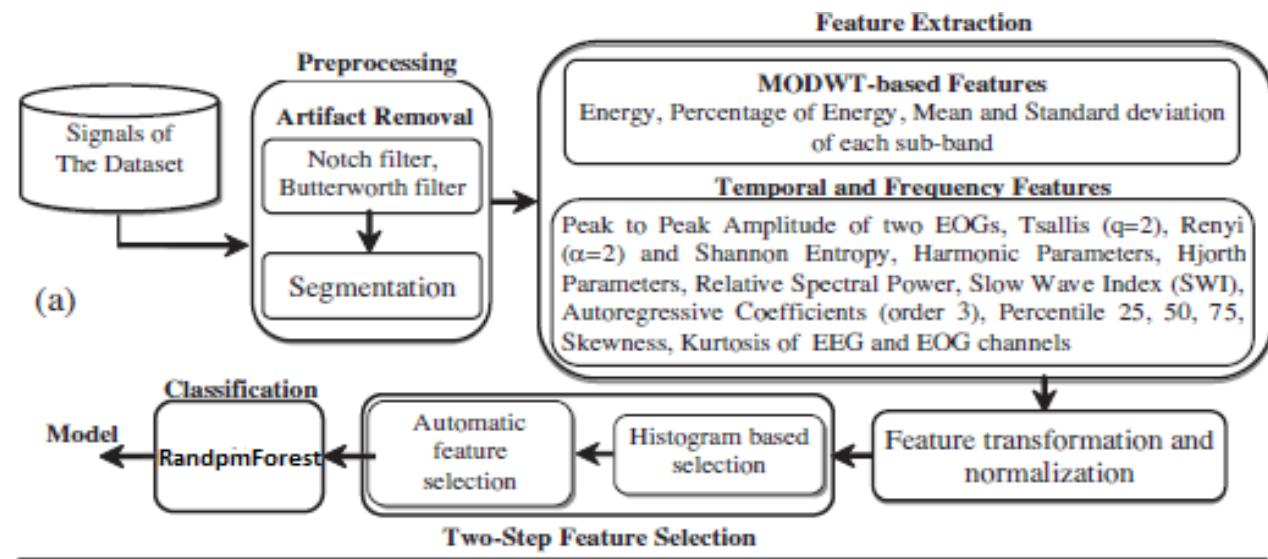
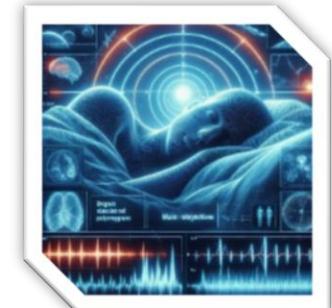


El sueño, crucial para la salud, es un estado activo de inconsciencia de diferentes fases, según el [NIH](#) y la [Clínica Navarra](#). Se divide en no REM y REM, cada uno esencial para funciones específicas del organismo.

# CASO DE ESTUDIO: DETECCIÓN ETAPAS DEL SUEÑO I



Desarrollar un modelo de aprendizaje automático para clasificar estados de sueño basado en señales de polisomnograma.

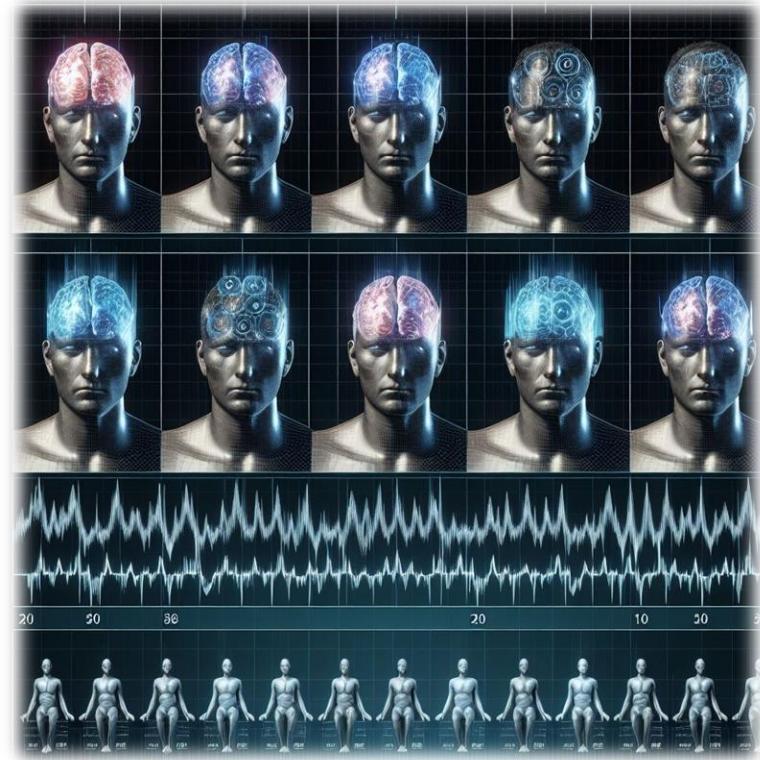


Sirvan Khalighi [1](#), Teresa Sousa, Gabriel Pires, Urbano Nunes (2013)

# CASO DE ESTUDIO: DETECCIÓN ETAPAS DEL SUEÑO II

Banco de datos ISRUC-Sleep:

- 10 sujetos (9 hombres y 1 mujer)
- Una sesión de adquisición de datos por sujeto.
- Sujetos saludables (grupo de control).
- Años entre 30 y 58 años, con promedio de 40 años, y desviación estándar de 10 años.
- Cada grabación consta de señales de 19 canales. Todas las señales de EEG, EOG y EMG de mentón se muestran a 200 Hz y se almacenaron utilizando los formatos de datos estándar EDF.
- Todos los registros del conjunto de datos fueron segmentados en épocas de 30 s y puntuados visualmente por dos expertos en sueño diferentes en CHUC de acuerdo con las pautas de AASM, con las etapas: NREM (N1, N2 y N3); REM; AWAKE

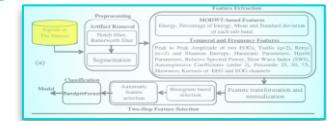


# CASO DE ESTUDIO: DETECCIÓN ETAPAS DEL SUEÑO III

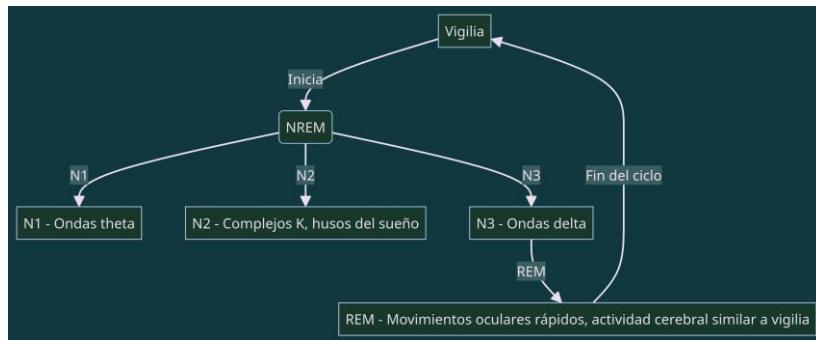
Banco de datos ISRUC-Sleep:  
*Polisomnograma*



Channel number	Type of the signal	Label	Frequency rate/Hz	Butterworth	Notch filter	Description
1	EOG	LOC-A2	200	0.3 Hz–35 Hz	50 Hz	Left eyes MOV
2		ROC-A1				Right eyes MOV
3		F3-A2			50 Hz	Brain channels
4		C3-A2				with the left
5	EEG	O1-A2	200	0.3 Hz–35 Hz	50 Hz	
6		F4-A1				
7		C4-A1				
8		O2-A1				
9	Chin EMG	X1	200	10 Hz–70 Hz	50 Hz	Chin EMG, placed
10	ECG (EKG)	X2	200			Electrocardiographic
11	Leg-1 EMG	X3	200			Left leg movement
12	Leg-2 EMG	X4	200	10 Hz–70 Hz	50 Hz	Right leg movement
13	Snore	X5	200	10 Hz–70 Hz	50 Hz	Snore (derived)
14	Flow-1	X6	12.5			
15	Flow-2	DC3	25			Airflow (pressure based)
16	Abdominal	X7	25			Abdominal efforts
17	Abdominal	X8	25			Abdominal efforts
18	Pulse oximetry	SaO2	12.5			Pulse oximetry (SaO2)
19	Body position	DC8	25			Body position (BPOS)

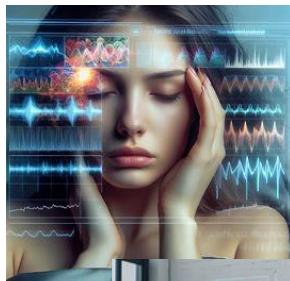


# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

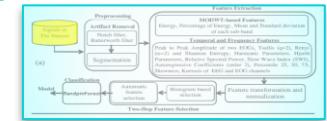


## CHANNELS SELECTED (I)

Fase	Características	Ondas Cerebrales	Afecciones
N1	Ondas theta, breve	Theta	Possible inicio de insomnio
N2	Complejos K, husos del sueño	Theta, Delta	Insomnio de mantenimiento, trastornos del sueño del ritmo circadiano
N3	Ondas delta, sueño profundo	Delta	Ronquidos, apnea del sueño
REM	Movimientos oculares rápidos, actividad cerebral similar a la vigilia	Patrón similar a la vigilia, beta	Narcolepsia, trastornos del sueño del comportamiento REM



Fase del Sueño	Características	Señales del Polisomnograma	Ondas Asociadas
N1	Ondas theta, breve	- EOG: LOC-A2 (Left eyes MOV), ROC-A1 (Right eyes MOV)	Theta (EEG)
N2	Complejos K, husos, Theta, Delta	- EEG: F3-A2, C3-A2 (Brain channels with the left)	Theta, Delta (EEG)
N3	Ondas delta, sueño profundo	- Chin EMG: X1 (Chin EMG, placed)	Delta (EEG)
REM	Movimientos oculares rápidos, actividad cerebral similar a la vigilia	- EEG: O1-A2, F4-A1, C4-A1, O2-A1 - EOG: LOC-A2, ROC-A1 - EMG: X1 (Chin EMG, placed) - ECG (EKG): X2 (Electrocardiographic) - Leg-1 EMG: X3 (Left leg movement) - Leg-2 EMG: X4 (Right leg movement) - Snore: X5 (Snore derived) - Flow-1: X6, Flow-2: DC3 (Airflow, pressure based) - Abdominal: X7, X8 (Abdominal efforts) - Pulse oximetry: SaO2 (Pulse oximetry, SaO2) - Body position: DC8 (Body position, BPOS)	Beta (EEG), Theta (EOG)

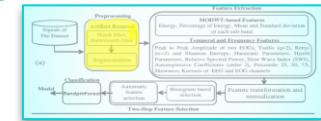


# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## CHANNELS SELECTED(II)

Subject: 1 labels1:924 labels2:924 Las listas tienen elementos diferentes.  
 Subject: 2 labels1:911 labels2:911 Las listas tienen elementos diferentes.  
 Subject: 3 labels1:794 labels2:794 Las listas tienen elementos diferentes.  
 Subject: 4 labels1:764 labels2:764 Las listas tienen elementos diferentes.  
 Subject: 5 labels1:914 labels2:914 Las listas tienen elementos diferentes.  
 Subject: 6 labels1:823 labels2:823 Las listas tienen elementos diferentes.  
 Subject: 7 labels1:784 labels2:784 Las listas tienen elementos diferentes.  
 Subject: 8 labels1:970 labels2:970 Las listas son iguales.  
 Subject: 9 labels1:939 labels2:939 Las listas son iguales.  
 Subject: 10 labels1:766 labels2:766 Las listas son iguales.

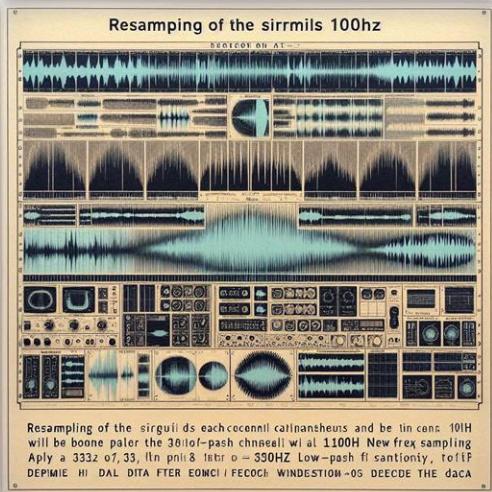
Channel number	Type of the signal	Label	Frequency rate/Hz	Butterworth	Notch filter	Description
1	EOG	LOC-A2	200	0.3 Hz–35 Hz	50 Hz	Left eyes MOV
2		ROC-A1				Right eyes MOV
3		F3-A2			50 Hz	Brain channels
4		C3-A2				with the left
5	EEG	O1-A2	200	0.3 Hz–35 Hz	50 Hz	
6		F4-A1				
7		C4-A1				
8		O2-A1				
9	Chin EMG	X1	200	10 Hz–70 Hz	50 Hz	Chin EMG, placed
10	ECG (EKG)	X2	200			Electrocardiographic
11	Leg-1 EMG	X3	200			Left leg movement
12	Leg-2 EMG	X4	200	10 Hz–70 Hz	50 Hz	Right leg movement
13	Snore	X5	200	10 Hz–70 Hz	50 Hz	Snore (derived)
14	Flow-1	X6	12.5			
15	Flow-2	DC3	25			Airflow (pressure based)
16	Abdominal	X7	25			Abdominal efforts
17	Abdominal	X8	25			Abdominal efforts
18	Pulse oximetry	SaO2	12.5			Pulse oximetry (SaO2)
19	Body position	DC8	25			Body position (BPOS)



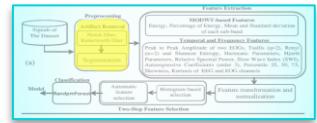
# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## CHANNELS PROCESSING(I)

- Filtrar para eliminar el ruido no deseado
  - I. Ruido sistema eléctrico de 50Hz.
  - II. Un filtro Butterworth de paso de banda con las frecuencias necesarias para cada señal.



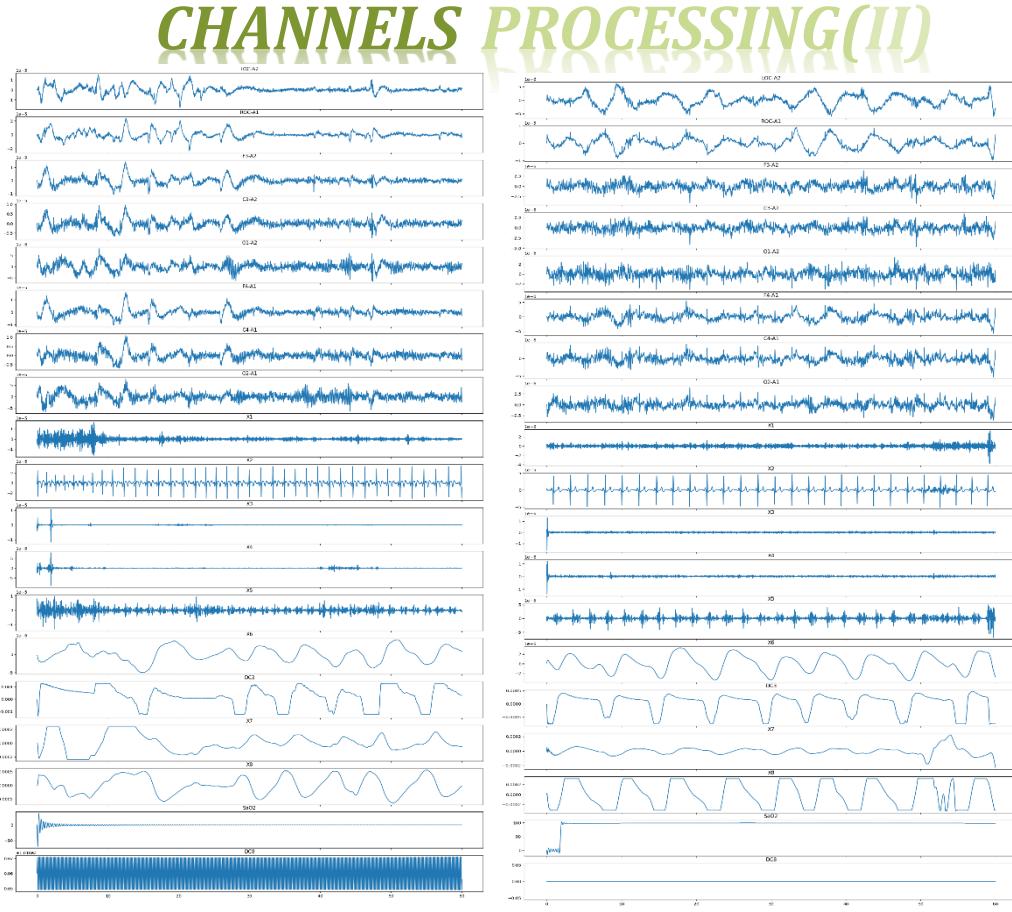
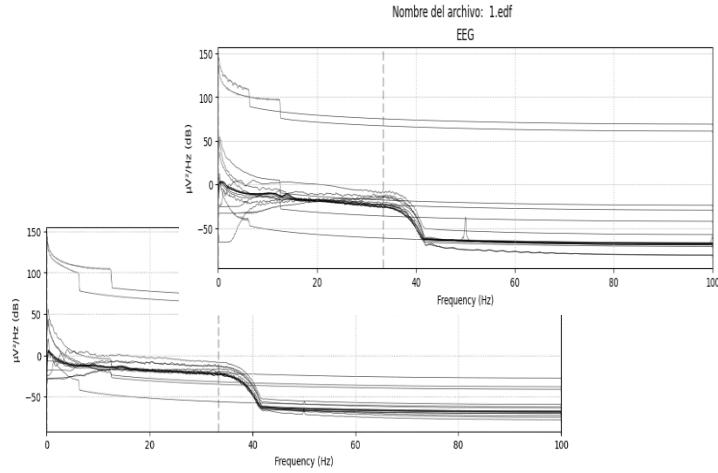
- Remuestreo de las señales de cada canal a 100Hz. Se realizará en dos fases:
  - I. Aplicar un filtro de paso bajo 33Hz (1/3 de 100Hz = nueva freq. muestreo).
  - II. Diezmar los datos después de la creación de época. (segmentación ventanas 30 seg.)

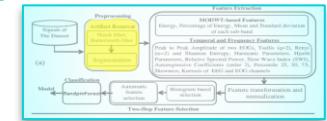


# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP



The (cropped) sample data object has 5724000-time samples and 19 channels. The last time sample is at 28619.995 seconds.

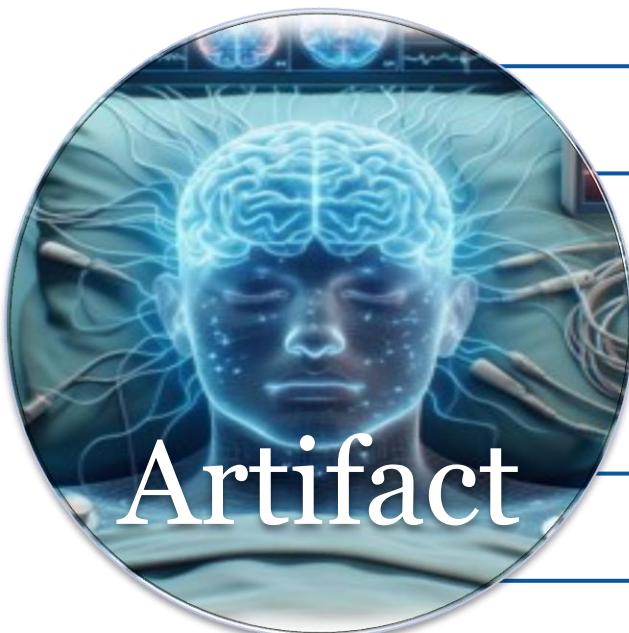




# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

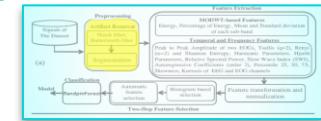
## ARTIFACT DETECTION (I)

### Artifact



Interferencia no deseada o distorsión en la señal que puede deberse a factores externos o internos

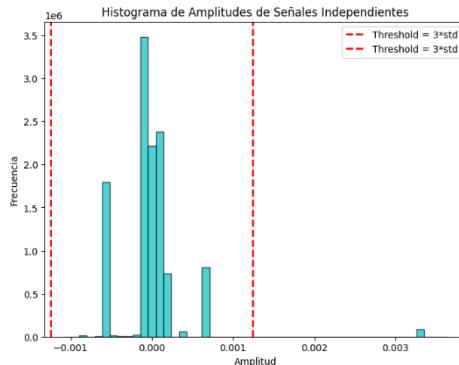
Garantizar la integridad y precisión de las señales de EEG durante el análisis del sueño en un PSG



# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## ARTIFACT DETECTION (I)

### ICA



- ✓ Descomposición de mezcla de señales en componentes independientes.
- ✓ Cuantifica la "no-gaussianidad" de una señal.

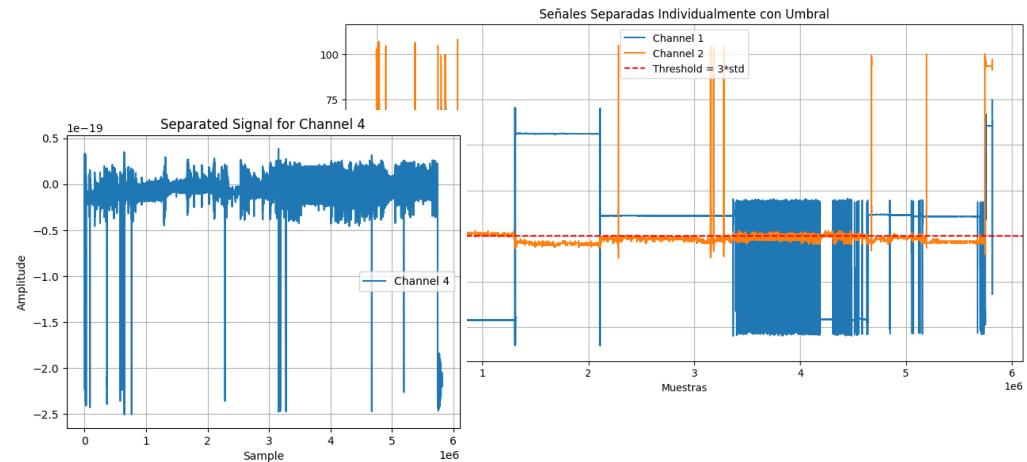
### PCA - ICA

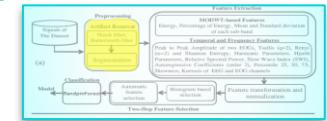
Elimina redundancias y centrarse en las componentes principales. Evita tener señales correlacionadas

- ✓ ICA asume que las señales son estadísticamente independientes, pero no requiere que sean ortogonales.
- ✓ PCA: cada componente captura una porción única de la varianza total de los datos

$$X = AS$$

Maximizar la negentropía de las señales independientes.





# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## ARTIFACT DETECTION (III)

### ICA

```

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Definimos las señales independientes (S)
np.random.seed(42) # Fijamos la semilla para reproducibilidad
S = np.random.rand(4, 1000) # 4 señales independientes de longitud 1000

# Definimos la matriz de mezcla (A)
A = np.random.rand(4, 4)

# Generamos las señales observadas (X)
X = np.dot(A, S)

# Aplicamos ICA para descomponer X en A y S
from sklearn.decomposition import FastICA

ica = FastICA(n_components=4)
S_ = ica.fit_transform(X.T) # Transponemos X ya que sklearn ICA trabaja con datos transpuestos

# Recuperamos las señales independientes estimadas
X_ = np.dot(S_, ica.mixing_.T)

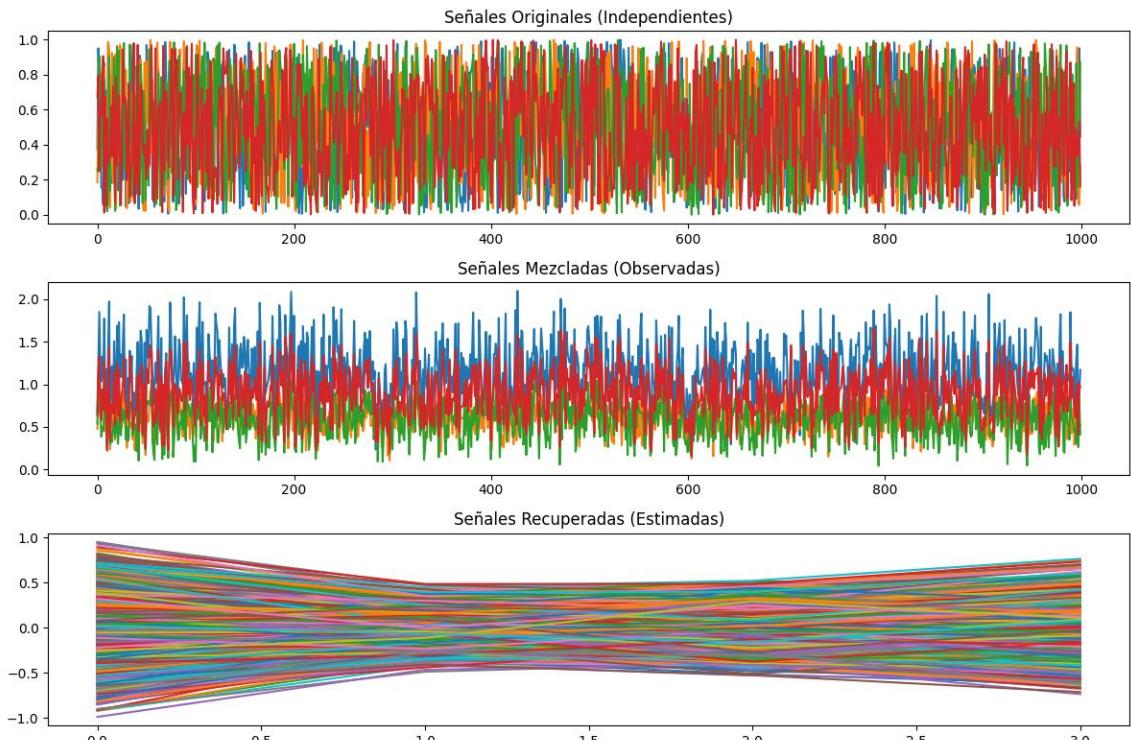
# Graficamos las señales originales, mezcladas y recuperadas
plt.figure(figsize=(12, 8))

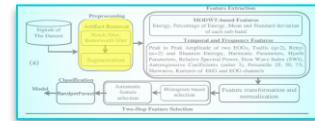
plt.subplot(3, 1, 1)
plt.title("Señales Originales (Independientes)")
plt.plot(S.T)

plt.subplot(3, 1, 2)
plt.title("Señales Mezcladas (Observadas)")
plt.plot(X.T)

plt.subplot(3, 1, 3)
plt.title("Señales Recuperadas (Estimadas)")
plt.plot(X_.T)

plt.tight_layout()
plt.show()
  
```

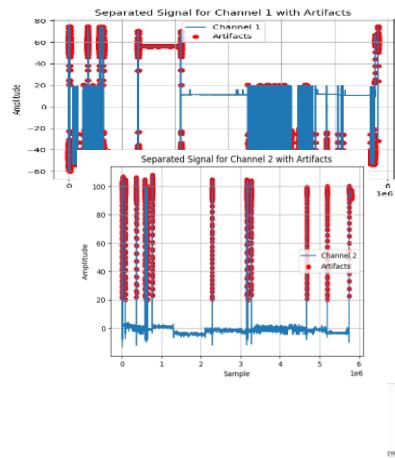




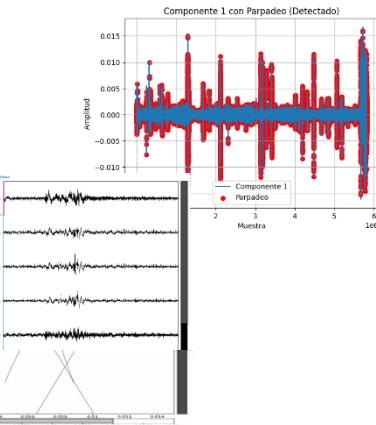
# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## ARTIFACT DETECTION (IV)

# Umbral



# Parpadeo



## *Annotation PSG*

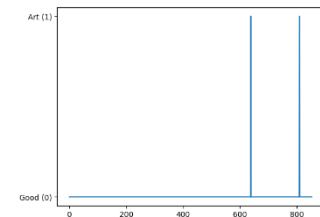
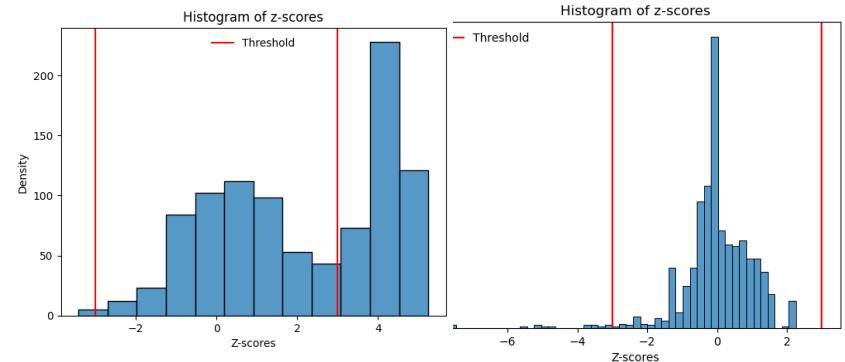
```
def annotate_artifacts (raw, artifact_indices):
    # Crear objeto de anotaciones
    annotations = mne.Annotations(onset=raw.times[artifact_indices],
                                    duration = np.zeros_like(artifact_indices),
                                    description = 'Artifact')

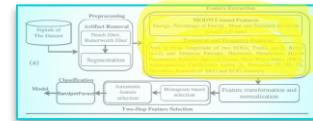
    # Añadir anotaciones al objeto raw
    raw.set_annotations(annotations)
```

0.27% of all epochs are expected to be rejected.  
78.21% of all epochs were actually rejected.

# Covarianza/ Histogramma

```
art, zscores = yasa.art_detect(data, sf, window = 30, method = 'covar',  
                               threshold = 3)
```

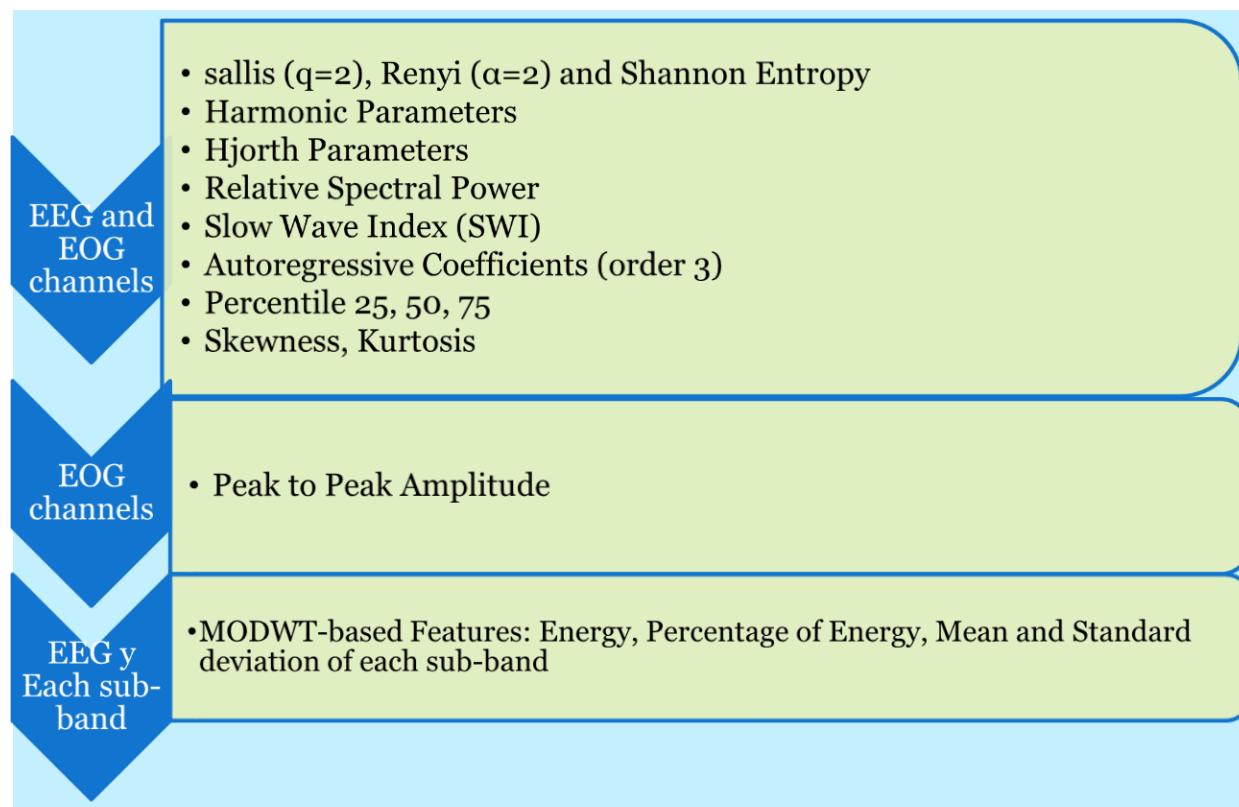




# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## FEATURES OF PAPER

## FEATURE EXTRACTION (I)



samples

## Sleep Stage Detection Systems App"



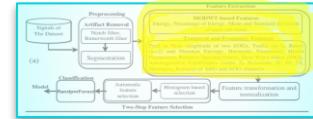
# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## FEATURES OF PAPER

XX rows (samples) × (592 columns (Features) x EEG+EOG (Channels )

Característica	Canal-O1-A2	Canal-F4-A1	...	Percentil50_ROC-A1	Percentil75_LOC-A2
Energy_s_nivel-1	3.84e-12	3.57e-12	...	-2.25e-07	1.93e-06
Energy_d_nivel-1	8.56e-13	8.82e-13	...	-4.29e-08	-8.23e-08
Percentage_energy_s_nivel-1	18.53	11.67	...	1.01e-06	8.23e-07
Percentage_energy_d_nivel-1	16.65	59.47	...	1.21e-06	9.26e-07
...	...	...	...	...	...
Mean_s_nivel-1	-6.67e-07	2.65e-07	...	1.07e-06	9.80e-07
Mean_d_nivel-1	-3.26e-07	-9.38e-07	...	1.21e-06	8.66e-07
Std_deviation_s_nivel-1	4.42e-07	6.30e-07	...	1.29e-06	9.66e-07
Std_deviation_d_nivel-1	1.91e-07	2.49e-07	...	1.04e-06	1.01e-06





# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

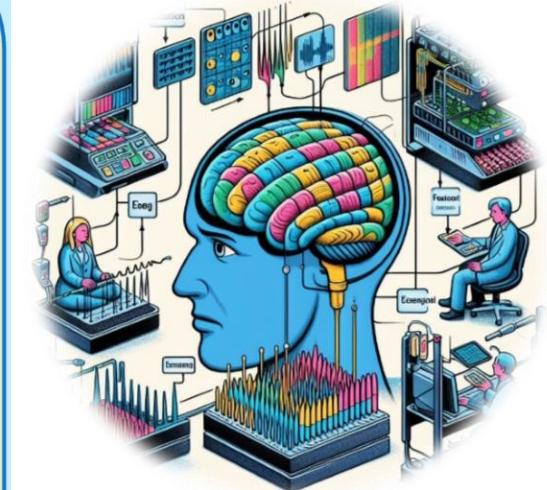
## FEATURES OF YASA LIBRARY

## FEATURE EXTRACTION (III)

clase yasa. SleepStaging ( raw , eeg\_name = 'C4-A1' , eog\_name = 'LOC-A2' , emg\_name = 'X1' , metadatos = Ninguno )

Channels

- Desviación Estándar
- Rango intercuartil
- Asimetría y curtosis
- Número de cruces por cero
- Movilidad y complejidad de Hjorth.
- Potencia total absoluta en la banda 0,4-30 Hz.
- Potencia relativa en las principales bandas de frecuencia (solo para EEG y EOG)
- Relaciones de potencia (por ejemplo, delta/beta)
- Entropía de permutación
- Dimensión fractal de Higuchi y Petrosian



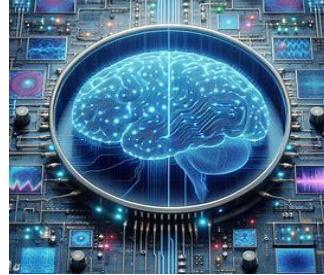


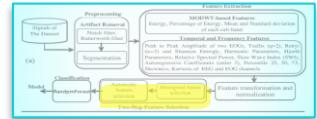
# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## FEATURE EXTRACTION (IV)

**XX rows (samples) × (149 columns (Features) × EEG, EOG (Channels )**

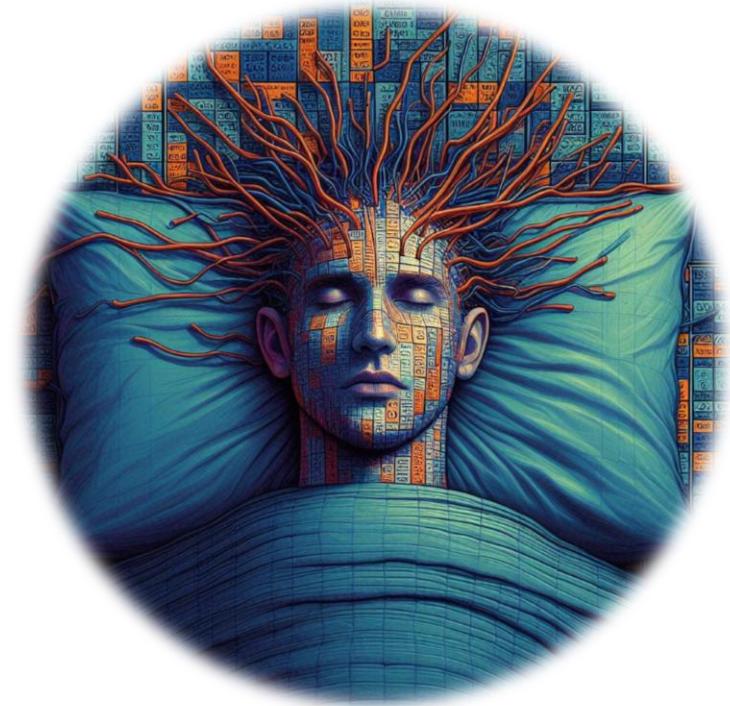
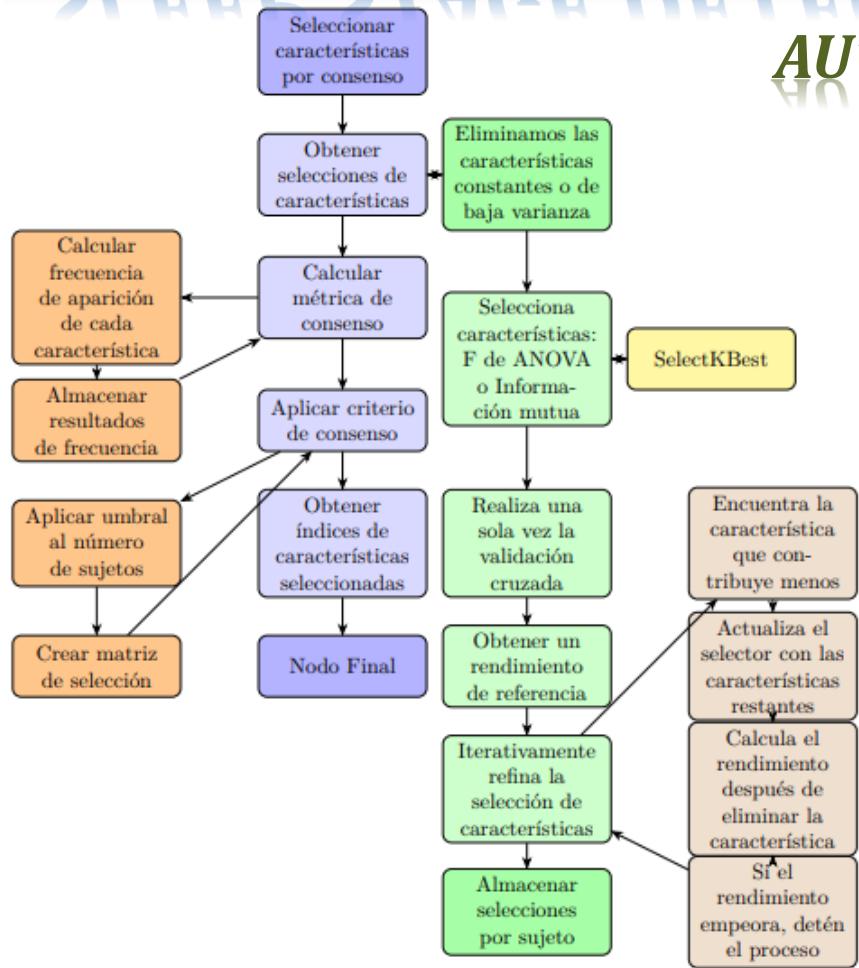
	abspow_c7min_norm	abspow_p2min_norm	alpha_7min_norm	alpha_p2min_norm	at	at_c7min_nor_m	at_p2m_in_norm	beta	...	skew_c7min_norm	skew_p2min_norm	std	std_c7min_no_rm	std_p2min_no_rm	theta	theta_c7min_norm	theta_p2min_norm	time_hour	time_norm		
eeg	2.217383	0.207680	0.001994	0.306759	0.378277	0.850549	4.186395	0.938804	2.029416	0.126715	...	0.450356	0.518535	3.657893	1.719164	2.064860	0.026997	0.751876	0.772705	0.000000	0.000000
eog	2.517489	0.033908	0.055935	0.134619	0.103857	0.145556	1.014488	0.047966	0.122808	0.021424	...	0.127470	0.462168	0.920967	0.285169	0.200311	0.166790	0.272841	0.290148	7.658333	0.964323
emg	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		

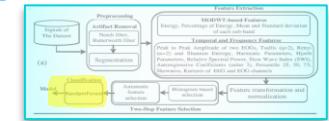




# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## AUTOMATIC FEATURE SELECTOR (I)





# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## CLASSIFICATION MODEL TRAINING (I)



6 SUBJECTS TRAINING + 2 SUBJECTS VALIDATION + 2 SUBJECTS TEST

ALEATORIO

Sujetos para Entrenamiento: SUBJECT: 2 SUBJECT: 8 SUBJECT: 6 SUBJECT: 4 SUBJECT: 5 SUBJECT: 3

Sujetos para validación: SUBJECT: 1 SUBJECT: 7

Sujetos para test: SUBJECT: 9 SUBJECT: 10

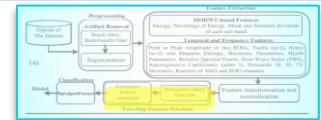
RANDOMFORESTCLASSIFIER MULTICLASE (ONEVSRSTCLASSIFIER)

label\_binarize

### 2 Estrategias de entrenamiento:

- ✓ Combina las características y etiquetas de los seis sujetos con las etiquetas de los dos expertos en una sola estructura.
- ✓ Entrenamiento con etiquetas de Experto 0 y luego Calculamos la curva ROC y matriz de confusión por Experto.





# *SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP*

## *CLASSIFICATION MODEL TRAINING (II)*

**XXX rows (samples) × (592 columns (Features) x EEG+EOG (Channels))**

**XXX rows (samples) × (451 columns (Features) x ERG+EOG (Channels))**

**XXX rows (samples) x (149 columns (Features) x HRG, BOG (Channels))**

**XXX rows (samples) x (192 columns (Features) x RGB, HOOG (Channels))**

```
from sklearn.inspection import permutation_importance
```

**permutation\_importance(classifier, X\_test [i], y\_test\_o [j],**

# Obtener las importancias

```
importances = result.importances_mean
```

```
# Obtener índices ordenados por importancia
```

```
indices = importances.argsort()[:-1]
```

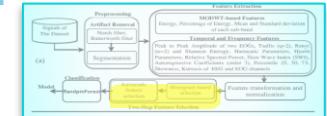
```

Index(['Energy_s_nivel-1_Canal-01-A2', 'Energy_d_nivel-1_Canal-01-A2',
       'Percentage_energy_d_nivel-1_Canal-01-A2', 'Mean_s_nivel-1_Canal-01-A2',
       'Mean_d_nivel-1_Canal-01-A2', 'Std_deviation_s_nivel-1_Canal-01-A2',
       'Std_deviation_d_nivel-1_Canal-01-A2', 'Energy_s_nivel-1_Canal-F4-A1',
       'Percentage_energy_s_nivel-1_Canal-F4-A1',
       'Percentage_energy_d_nivel-1_Canal-F4-A1',
       ...
       'fc_Beta_1_Canal-F3-A2', 'fr_Beta_1_Canal-F3-A2',
       'sf_Beta_1_Canal-F3-A2', 'fc_Beta_1_Canal-C3-A2',
       'fr_Beta_1_Canal-C3-A2', 'sf_Beta_1_Canal-C3-A2',
       'fc_Beta_2_Canal-01-A2', 'sf_Beta_2_Canal-01-A2',
       'fr_Beta_2_Canal-F4-A1', 'sf_Beta_2_Canal-F4-A1'],
      dtype='object', length=410)

```

```
Index(['Energy_s_nivel-1_Canal-01-A2', 'Energy_d_nivel-1_Canal-01-A2',
       'Percentage_energy_d_nivel-1_Canal-01-A2', 'Mean_s_nivel-1_Canal-01-A2',
       'Mean_d_nivel-1_Canal-01-A2', 'Std_deviation_s_nivel-1_Canal-01-A2',
       'Std_deviation_d_nivel-1_Canal-01-A2', 'Energy_s_nivel-1_Canal-F4-A1',
       'Percentage_energy_s_nivel-1_Canal-F4-A1',
       'Percentage_energy_d_nivel-1_Canal-F4-A1',
       ...
       'fc_Beta_1_Canal-F3-A2', 'fr_Beta_1_Canal-F3-A2',
       'sfc_Beta_1_Canal-F3-A2', 'fc_Beta_1_Canal-C3-A2',
       'fr_Beta_1_Canal-C3-A2', 'sfc_Beta_1_Canal-C3-A2',
       'fc_Beta_2_Canal-01-A2', 'sfc_Beta_2_Canal-01-A2',
       'fr_Beta_2_Canal-F4-A1', 'sfc_Beta_2_Canal-F4-A1'],
      dtype='object', length=410)
{135, 136, 137, 138, 139, 12, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 29}
eog_sigma
eog_sigma_c7min_norm
eog_sigma_p2min_norm
eog_skew
eog_skew_c7min_norm
eeg_db
eog_skew_p2min_norm
eog_std
eog_std_c7min_norm
eog_std_p2min_norm
eog_theta
eog_theta_c7min_norm
eog_theta_p2min_norm
time_hour
time_norm
eeg_higuchi_p2min_norm
```

# Features you Selected



# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## CLASSIFICATION MODEL TRAINING (III)

- ✓ ¿ VAIS A UTILIZAR DIRECTAMENTE LA/S SALIDAS PROBABILÍSTICAS DE LOS CLASIFICADORES?
- ✓ ¿PODÉIS AJUSTAR LOS UMBRALES PARA PENALIZAR LAS CLASES MÁS SENCILLAS Y FAVORECER A LAS MÁS COMPLEJAS?

```

def ajustar_umbral(probabilidades, umbral):
    return [1 if prob >= umbral else 0 for prob in probabilidades]

# Ejemplo de uso
# Obtén las probabilidades para las clases en el conjunto de prueba
for i in range(len(X_test)):
    probabilidades_clases = classifier.predict_proba(X_test[i])
    print(probabilidades_clases)
    umbral_ajustado = 0.6
    predicciones_ajustadas = ajustar_umbral(probabilidades_clases,
                                            umbral_ajustado)
    print(f' LaS predicciones ajustadas para el subject {i}')
    print(predicciones_ajustadas)
  
```

```

def ajustar_umbral(probabilidades, y_true, umbral_inicial=0.5):
    precision, recall, umbrales = precision_recall_curve(y_true, probabilidades)
    area_bajo_curva = auc(recall, precision)

    mejor_umbral = umbral_inicial
    mejor_f1 = 0

    for i in range(len(umbrales)):
        umbral_actual = umbrales[i]
        y_pred_ajustado = (probabilidades >= umbral_actual).astype(int)
        f1_actual = 2 * (precision[i] * recall[i]) / (precision[i] + recall[i])

        if f1_actual > mejor_f1:
            mejor_f1 = f1_actual
            mejor_umbral = umbral_actual

    return mejor_umbral
  
```



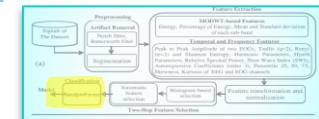
# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## RESULTS MODEL (I)

### FEATURES OF PAPER

ROC_AUC/ Labels 2 Experts	Train	Validation				Test			
		Exprt1		Exprt2		Exprt1		Exprt2	
		Sb1	Sb7	sb1	sb7	sb9	sb10	sb9	sb10
NREM-N1	1.0	0.99	0.99	0.99	0.99	0.97	0.99	0.97	0.99
NREM-N2	1.0	0.89	0.93	0.93	0.93	0.83	0.89	0.83	0.89
NREM-N3	0.999	0.95	0.94	0.94	0.94	0.89	0.95	0.94	0.94
REM	1.0	0.96	0.93	0.93	0.93	0.97	0.96	0.93	0.95
AWAKE	1.0	0.98	0.98	0.98	0.98	0.95	0.98	0.98	0.98





# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## FEATURES OF PAPER

| Sb1/Expt1 |

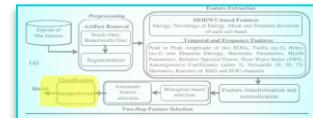
Clase N1	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	749	13
Real Positiva	16	145
<b>Clase N2</b>	<b>Predicción Negativa</b>	<b>Predicción Positiva</b>
Real Negativa	807	3
Real Positiva	92	22
<b>Clase N3</b>	<b>Predicción Negativa</b>	<b>Predicción Positiva</b>
Real Negativa	488	67
Real Positiva	44	325
<b>Clase REM</b>	<b>Predicción Negativa</b>	<b>Predicción Positiva</b>
Real Negativa	739	7
Real Positiva	47	131
<b>AWAKE</b>	<b>Predicción Negativa</b>	<b>Predicción Positiva</b>
Real Negativa	819	4
Real Positiva	37	64

| Sb1/Expt2 |

Clase N1	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	756	24
Real Positiva	9	135
<b>Clase N2</b>	<b>Predicción Negativa</b>	<b>Predicción Positiva</b>
Real Negativa	811	8
Real Positiva	88	17
<b>Clase N3</b>	<b>Predicción Negativa</b>	<b>Predicción Positiva</b>
Real Negativa	483	58
Real Positiva	49	334
<b>Clase REM</b>	<b>Predicción Negativa</b>	<b>Predicción Positiva</b>
Real Negativa	730	4
Real Positiva	56	134
<b>AWAKW</b>	<b>Predicción Negativa</b>	<b>Predicción Positiva</b>
Real Negativa	819	3
Real Positiva	37	65

## RESULTS VALIDATION MODEL (II)

Subject 1	Experto 1	Experto 2	Subject 7	Experto 1	Experto 2
Clase N1	Accuracy: 0.9510 Sensibilidad: 0.9663 Especificidad: 0.9180	Accuracy: 0.9486 Sensibilidad: 0.8500 Especificidad: 0.9720	<b>Clase N1</b>		
Clase N2	Accuracy: 0.8545 Sensibilidad: 0.1923 Especificidad: 0.9716	Accuracy: 0.8959 Sensibilidad: 0.6786 Especificidad: 0.9531	<b>Clase N2</b>		
Clase N3	Accuracy: 0.8570 Sensibilidad: 0.8286 Especificidad: 0.8299	Accuracy: 0.8994 Sensibilidad: 0.8723 Especificidad: 0.8538	<b>Clase N3</b>		
Clase REM	Accuracy: 0.9383 Sensibilidad: 0.7368 Especificidad: 0.9906	Accuracy: 0.9199 Sensibilidad: 0.7056 Especificidad: 0.9677	<b>Clase REM</b>		
<b>AWAKE</b>	Accuracy: 0.9516 Sensibilidad: 0.6341 Especificidad: 0.9951	Accuracy: 0.9540 Sensibilidad: 0.6370 Especificidad: 0.9552			



# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

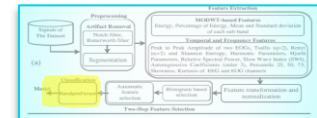
## FEATURES OF PAPER

**EXPERT 1 PREDICTION == EXPERT 2 PREDICTION**

CLASE N1	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	800	17
Real Positiva	32	90
CLASE N2	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	770	2
Real Positiva	165	2
CLASE N3	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	523	54
Real Positiva	136	226
CLASE REM	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	651	63
Real Positiva	18	207
AWAKK	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	859	17
Real Positiva	29	34

## RESULTS TEST MODEL (III)

subject 9	Experto 1 & 2 (Idénticos)
<b>Clase N1</b>	
Accuracy	0.9322
Sensibilidad	0.7377
Especificidad	0.9801
-----	-----
<b>Clase N2</b>	
Accuracy	0.8309
Sensibilidad	0.0120
Especificidad	0.9974
-----	-----
<b>Clase N3</b>	
Accuracy	0.7248
Sensibilidad	0.6243
Especificidad	0.9431
-----	-----
<b>Clase REM</b>	
Accuracy	0.8972
Sensibilidad	0.9208
Especificidad	0.8365
-----	-----
<b>AWAKE</b>	
Accuracy	0.9276
Sensibilidad	0.5393
Especificidad	0.9804



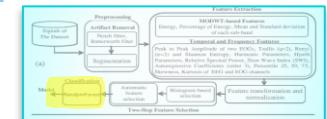
# **SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP**

## **RESULTS MODEL (II)**

# **FEATURES OF PAPER**



ROC_AUC / Labels 1 Experts	Train						Validation				Test			
	PROMEDIOS						Exprt1		Exprt2		Exprt1		Exprt2	
	Sb2	Sb8	Sb6	Sb4	Sb5	Sb3	Sb1	Sb7	sb1	sb7	sb9	sb10	sb9	sb10
NREM- N1	0.98	0.99	0.97	0.98	0.96	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.98	0.97	0:0.98
NREM-N2	0.78	0.55	0.79	0.70	0.71	0.97	0.79	0.79	0.81	0.83	0.83	0.85	0.83	0.85
NREM-N3	0.79	0.65	0.70	0.89	0.84	0.96	0.82	0.82	0.82	0.82	0.89	0.89	0.89	0.89
REM	0.92	0.99	0.97	0.97	0.98	0.99	0.93	0.93	0.90	0.90	0.97	0.99	0.97	0.99
AWAKE	0.94	0.97	0.91	0.86	0.92	0.99	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.94	0.95	0.95



# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## RESULTS VALIDATION MODEL (II)

### FEATURES OF PAPER

Sub 1/Esprt1		
Clase N1	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	759	3
Real Positiva	47	115
Clase N2	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	509	1
Real Positiva	113	1
Clase N3	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	459	96
Real Positiva	151	218
Clase REM	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	659	87
Real Positiva	31	147
AWAKE	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	819	4
Real Positiva	99	32

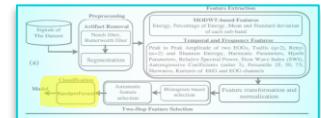
Sub1/Expt 2		
Clase N1	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	767	13
Real Positiva	39	105
Clase N2	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	818	1
Real Positiva	104	1
Clase N3	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	449	92
Real Positiva	161	222
Clase Rem	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	649	85
Real Positiva	41	149
AWAKE	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	818	4
Real Positiva	70	32

Sub7/Exp 1		
Clase N1	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	767	13
Real Positiva	39	105
Clase N2	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	818	1
Real Positiva	104	1
Clase N3	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	449	92
Real Positiva	161	222
Clase Rem	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	649	85
Real Positiva	41	149
AWAKE	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	818	4
Real Positiva	70	32

Subj 7 / Expt. 2		
Clase N1	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	593	7
Real Positiva	55	129
Clase N2	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	767	0
Real Positiva	17	0
Clase N3	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	486	50
Real Positiva	189	59
Clase Rem	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	459	89
Real Positiva	15	221
AWAKE	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	680	5
Real Positiva	73	26

Subjec 1	Experto 1	Experto 2	Subject 7	Experto 1	Experto 2
<b>Clase N1</b>					
Sub7/Exp 1			Clase N1		
Clase N1	Predicción Negativa	Predicción Positiva	Accuracy	0.8546	0.8793
Real Negativa	767	13	Sensibilidad	0.6316	0.7018
Real Positiva	39	105	Especificidad	1.0000	0.9483
Clase N2	Predicción Negativa	Predicción Positiva			
Real Negativa	818	1			
Real Positiva	104	1			
Clase N3	Predicción Negativa	Predicción Positiva			
Real Negativa	449	92	Clase N2		
Real Positiva	161	222	Accuracy	0.9186	0.9333
Clase Rem	Predicción Negativa	Predicción Positiva	Sensibilidad	0.0000	0.0000
Real Negativa	649	85	Especificidad	1.0000	0.9667
Real Positiva	41	149			
AWAKE	Predicción Negativa	Predicción Positiva			
Real Negativa	818	4	Clase N3		
Real Positiva	70	32	Accuracy	0.6815	0.6898
Clase Rem	Predicción Negativa	Predicción Positiva	Sensibilidad	0.2577	0.2373
Real Negativa	649	85	Especificidad	0.8904	0.9238
Real Positiva	41	149			
AWAKE	Predicción Negativa	Predicción Positiva			
Real Negativa	818	4	Clase REM		
Real Positiva	70	32	Accuracy	0.8308	0.8484
Clase Rem	Predicción Negativa	Predicción Positiva	Sensibilidad	0.9500	0.9603
Real Negativa	649	85	Especificidad	0.8025	0.7119
Real Positiva	41	149			
AWAKE	Predicción Negativa	Predicción Positiva			
Real Negativa	818	4	AWAKE		
Real Positiva	70	32	Accuracy	0.8675	0.8833
Clase Rem	Predicción Negativa	Predicción Positiva	Sensibilidad	0.2651	0.2646
Real Negativa	680	5	Especificidad	0.9927	0.9633
Real Positiva	73	26			





# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## RESULTS TEST MODEL (II)

### FEATURES OF PAPER

#### EXPERT 1 PREDICTION == EXPERT 2 PREDICTION

Subject 9 / Expert 1 y 2

Canal N1	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	807	10
Real Positiva	45	77
Canal N2	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	769	3
Real Positiva	163	4
Canal N3	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	546	31
Real Positiva	293	69
Clase Rem	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	540	174
Real Positiva	6	219
AWAKE	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	870	6
Real Positiva	55	8

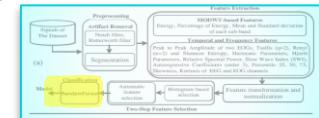
Subject 10/ Expert 1 y 2

Clase N1	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	624	15
Real Positiva	22	105
Clase N2	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	547	0
Real Positiva	217	2
Clase N3	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	568	25
Real Positiva	133	40
Clase Rem	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	614	40
Real Positiva	1	111
AWAKE	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	622	9
Real Positiva	93	42

Subject 9 Experto 1 y 2 Subject 10 Experto 1 y 2

Clase N1	Accuracy	Clase N1	Accuracy
Sensibilidad	0.6210	Sensibilidad	0.8264
Especificidad	0.9953	Especificidad	0.9764
Precisión	0.8842	Precisión	0.8750
Clase N2	Accuracy	Clase N2	Accuracy
Sensibilidad	0.0247	Sensibilidad	0.0089
Especificidad	0.9990	Especificidad	1.0000
Precisión	0.1102	Precisión	0.9286
Clase N3	Accuracy	Clase N3	Accuracy
Sensibilidad	0.1900	Sensibilidad	0.2309
Especificidad	0.8615	Especificidad	0.6154
Precisión	0.6900	Precisión	0.6154
Clase REM	Accuracy	Clase REM	Accuracy
Sensibilidad	0.9756	Sensibilidad	0.9643
Especificidad	0.1667	Especificidad	0.6857
Precisión	0.5579	Precisión	0.7250
AWAKW	Accuracy	AWAKK	Accuracy
Sensibilidad	0.1273	Sensibilidad	0.2111
Especificidad	0.9956	Especificidad	0.9000
Precisión	0.5714	Precisión	0.8226



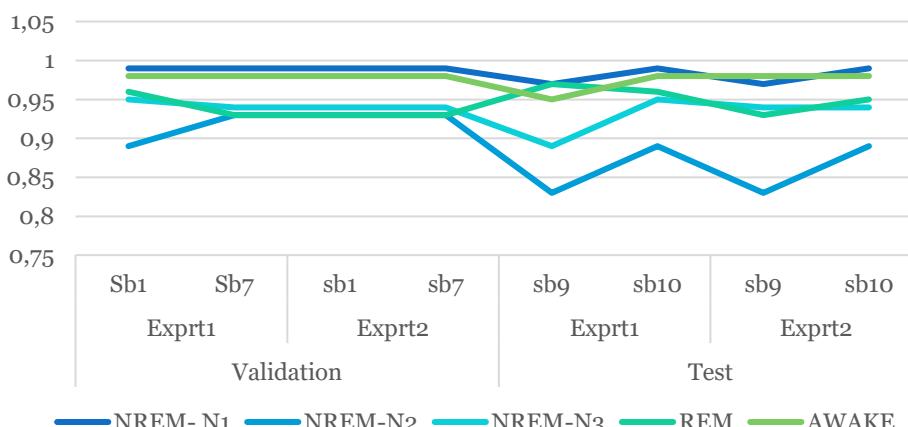


# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

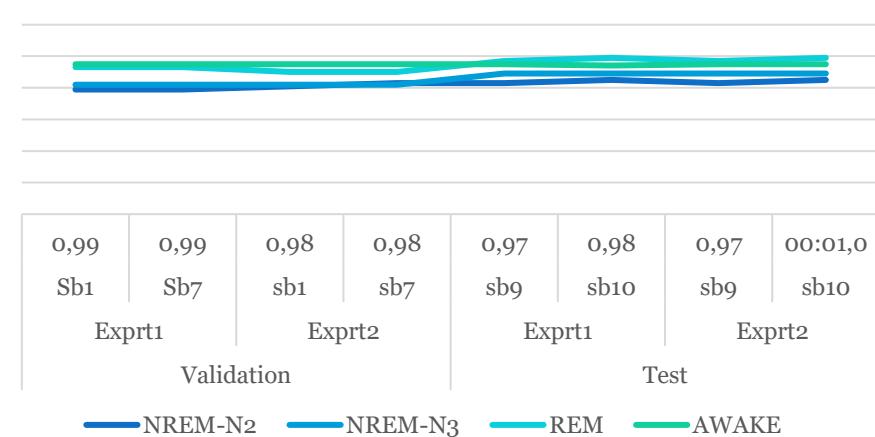
## RESULTS MODEL (I)

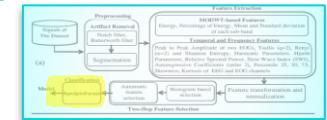
### FEATURES OF PAPER (EXPERT 1 VS EXPERT 2)

*Evolución % Predicción etapas sueño  
(2 Expertos)*



*Evolución % Predicción etapas sueño  
(1 Experto)*



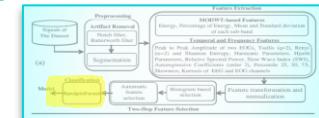


# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## RESULTS MODEL (II)

### FEATURES OF YASA LIBRARY

ROC_AUC/ Labels 2 Experts	Train	Validation				Test			
		Exprt1		Exprt2		Exprt1		Exprt2	
		Sb1	Sb7	sb1	sb7	sb9	sb10	sb9	sb10
NREM- N1	1.0	<b>0.97</b>	<b>0.97</b>	<b>0.97</b>	<b>0.97</b>	<b>0.96</b>	<b>0.97</b>	<b>0.97</b>	<b>0.97</b>
NREM-N2	1.0	<b>0.87</b>	<b>0.87</b>	<b>0.93</b>	<b>0.93</b>	<b>0.85</b>	<b>0.91</b>	<b>0.91</b>	<b>0.91</b>
NREM-N3	0.99	<b>0.96</b>	<b>0.96</b>	<b>0.96</b>	<b>0.96</b>	<b>0.92</b>	<b>0.90</b>	<b>0.90</b>	<b>0.90</b>
REM	0.99	<b>0.98</b>	<b>0.99</b>	<b>0.98</b>	<b>0.98</b>	<b>0.98</b>	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>
AWAKE	1.0	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>	<b>0.98</b>	<b>0.98</b>	<b>0.98</b>	<b>0.98</b>



# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## FEATURES OF PAPER RESULTS VALIDATE MODEL (II)

### Subt1/Expt 1

Canal N1	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	748	14
Real Positiva	30	132
Canal N2	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	806	4
Real Positiva	99	15
Canal N3	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	522	33
Real Positiva	65	304
Canal REM	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	739	7
Real Positiva	31	147
AWAKE	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	812	11
Real Positiva	15	86

### Subject 7/Expt 1

Clase N1	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	577	1
Real Positiva	53	153
Clase N2	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	720	1
Real Positiva	63	0
Clase N3	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	571	58
Real Positiva	65	90
Clase REM	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	520	2
Real Positiva	61	201
AWAKE	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	678	10
Real Positiva	20	79

### Subj1/Expt 2

Clase N1	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	754	26
Real Positiva	24	120
Clase N2	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	816	3
Real Positiva	89	16
Clase N3	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	508	33
Real Positiva	79	304
Clase REM	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	729	5
Real Positiva	41	149
AWAKE	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	812	10
Real Positiva	15	87

Clase N1	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	598	2
Real Positiva	32	152
Clase N2	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	766	1
Real Positiva	17	0
Clase N3	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	507	29
Real Positiva	129	119
Clase REM	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	544	4
Real Positiva	37	199
AWAKE	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	654	1
Real Positiva	20	79

### Results

### Discussion & Conclusions

Subjcy 1	Experto 1	Experto 2
Clase N1		
Accuracy	0.9477	0.9469
Sensibilidad	0.7990	0.8333
Especificidad	0.8507	0.8320
Precisión	0.8302	0.8205

Clase N2	Experto 1	Experto 2
Accuracy	0.8985	0.8969
Sensibilidad	0.1825	0.1600
Especificidad	0.9927	0.9916
Precisión	0.6000	0.6154

Clase N3	Experto 1	Experto 2
Accuracy	0.8336	0.8320
Sensibilidad	0.8219	0.7938
Especificidad	0.8362	0.8627
Precisión	0.7912	0.7848

Clase REM	Experto 1	Experto 2
Accuracy	0.8669	0.8705
Sensibilidad	0.8255	0.7823
Especificidad	0.8923	0.9152
Precisión	0.7949	0.8233

AWAKE	Experto 1	Experto 2
Accuracy	0.8781	0.8822
Sensibilidad	0.7129	0.6767
Especificidad	0.9231	0.9444
Precisión	0.7442	0.7521

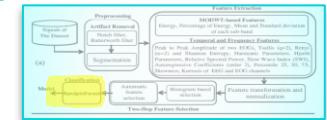
Subject 7	Experto 1	Experto 2
Clase N1		
Accuracy	0.9212	0.9400
Sensibilidad	0.7425	0.8261
Especificidad	0.9914	0.9710
Precisión	0.9671	0.9671

Clase N2	Experto 1	Experto 2
Accuracy	0.9056	0.8778
Sensibilidad	0.0000	0.0000
Especificidad	1.0000	0.9968
Precisión	0.0000	0.0000

Clase N3	Experto 1	Experto 2
Accuracy	0.7814	0.7599
Sensibilidad	0.5909	0.8041
Especificidad	0.9079	0.6512
Precisión	0.4800	0.4029

Clase REM	Experto 1	Experto 2
Accuracy	0.8211	0.7913
Sensibilidad	0.8544	0.8284
Especificidad	0.7879	0.7460
Precisión	0.8488	0.8127

AWAKE	Experto 1	Experto 2
Accuracy	0.8707	0.8667
Sensibilidad	0.7188	0.6792
Especificidad	0.9098	0.8986
Precisión	0.8750	0.8266



# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## FEATURES OF PAPER

### EXPERT 1 PREDICTION == EXPERT 2 PREDICTION

Subject 9 / Expt 1 y 2

Canal N1	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	802	15
Real Positiva	47	75
Canal N2	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	770	2
Real Positiva	161	6
Canal N3	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	485	92
Real Positiva	40	322
Canal Rem	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	704	10
Real Positiva	38	187
AWAKE	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	861	15
Real Positiva	10	53

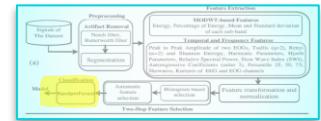
Subject 10 /Expert 1 y 2

Canal N1	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	604	35
Real Positiva	20	107
Canal N2	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	547	0
Real Positiva	203	16
Canal N3	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	561	32
Real Positiva	80	93
Canal rem	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	650	4
Real Positiva	10	102
AWAKE	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	627	4
Real Positiva	48	87

### RESULTS TEST MODEL (ID)

Subject 9	Experto 1 y 1
<b>Clase N1</b>	
Accuracy	0.8245
Sensibilidad	0.6154
Especificidad	0.9819
Precisión	0.8333
-----	-----
<b>Clase N2</b>	
Accuracy	0.6673
Sensibilidad	0.0345
Especificidad	1.0000
Precisión	0.2857
-----	-----
<b>Clase N3</b>	
Accuracy	0.6756
Sensibilidad	0.3415
Especificidad	0.8400
Precisión	0.7778
-----	-----
<b>Clase Rem</b>	
Accuracy	0.8757
Sensibilidad	0.8312
Especificidad	0.9487
Precisión	0.9492
-----	-----
<b>AWAKE</b>	
Accuracy	0.8675
Sensibilidad	0.7595
Especificidad	0.9828
Precisión	0.7805

Subject 10	Experto 1 y 2
<b>Clase N1</b>	
Accuracy	0.8462
Sensibilidad	0.7564
Especificidad	0.9815
Precisión	0.7538
-----	-----
<b>Clase N2</b>	
Accuracy	0.6054
Sensibilidad	0.1111
Especificidad	1.0000
Precisión	0.7525
-----	-----
<b>Clase N3</b>	
Accuracy	0.7195
Sensibilidad	0.5366
Especificidad	0.7447
Precisión	0.7444
-----	-----
<b>Clase Rem</b>	
Accuracy	0.8806
Sensibilidad	0.9107
Especificidad	0.9050
Precisión	0.9057
-----	-----
<b>AWAKE</b>	
Accuracy	0.8770
Sensibilidad	0.8161
Especificidad	0.9756
Precisión	0.8362



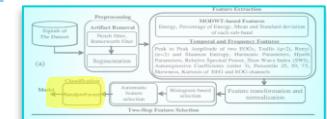
# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## FEATURES OF YASA LIBRARY

## RESULTS MODEL (II)



ROC_AUC / Labels 1 Experts	Train						Validation				Test			
	PROMEDIOS						Exprt1		Exprt2		Exprt1		Exprt2	
	Sb2	Sb8	Sb6	Sb4	Sb5	Sb3	Sb1	Sb7	sb1	sb7	sb9	sb10	sb9	sb10
NREM- N1	0.98	0.97	0.93	0.98	0.98	0.99	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.96	0.94	0.96
NREM-N2	0.73	0.54	0.83	0.71	0.69	0.96	0.74	0.74	0.80	0.80	0.75	0.85	0.75	0.85
NREM-N3	0.85	0.49	0.75	0.71	0.71	0.97	0.84	0.84	0.83	0.83	0.80	0.70	0.81	0.70
REM	0.95	0.99	0.96	0.99	0.99	0.99	0.96	0.96	0.94	0.94	0.97	0.99	0.98	0.99
AWAKE	0.98	0.99	0.98	0.95	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.95	0.95	0.96	0.95



# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## RESULTS VALIDATION MODEL (II)

### FEATURES OF YASA LIBRARY

Subject 1 / Expert 1

Clase N1	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	761	1
Real Positiva	80	82
Clase N2	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	810	0
Real Positiva	114	0
Clase N3	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	503	52
Real Positiva	163	206
Clase Rem	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	670	76
Real Positiva	16	162
awake	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	814	9
Real Positiva	30	71

Subject 7/Expert 1

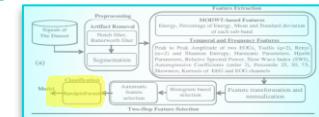
Canal N1	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	578	0
Real Positiva	176	30
Canal N2	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	721	0
Real Positiva	63	0
Canal N3	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	489	140
Real Positiva	113	42
Canal Rem	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	486	36
Real Positiva	18	244
AWAKE	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	676	10
Real Positiva	32	66

Subject 1 / Expert 2

Clase N1	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	771	9
Real Positiva	70	74
Clase N2	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	819	0
Real Positiva	105	0
Clase N3	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	489	52
Real Positiva	177	206
Clase Rem	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	660	74
Real Positiva	26	164
AWAKE	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	815	7
Real Positiva	29	73

Subject 7/Expert 2

Clase N1	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	600	0
Real Positiva	154	30
Clase N2	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	767	0
Real Positiva	17	0
Clase N3	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	426	110
Real Positiva	176	72
Clase Rem	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	490	56
Real Positiva	14	222
AWAKE	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	679	6
Real Positiva	29	70



# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## RESULTS TEST MODEL (II)

### FEATURES OF YASA LIBRARY

#### EXPERT 1 PREDICTION == EXPERT 2 PREDICTION

Subjt 9 /Exprt1 y 2

Clase N1	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	811	6
Real Positiva	85	37
Clase N2	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	771	1
Real Positiva	162	5
Clase N3	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	501	76
Real Positiva	154	208
Clase Rem	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	675	39
Real Positiva	21	204
AWAKE	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	864	12
Real Positiva	26	37

Subjt 10 /Exprt 1 y 2

Canal N1	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	618	21
Real Positiva	39	88
Canal N2	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	547	0
Real Positiva	219	0
Canal N3	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	522	71
Real Positiva	118	55
Canal Rem	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	627	27
Real Positiva	0	112
AWAKE	Predicción Negativa	Predicción Positiva
Real Negativa	631	0
Real Positiva	100	35

Subject 10 /Expert 1 y 2

Clase N1	Accuracy	Sensibilidad	Especificidad	Precisión
Clase N1	0.8475	0.8333	0.8667	0.3033

Clase N2

Clase N2	Accuracy	Sensibilidad	Especificidad	Precisión
Clase N2	0.6067	0.0306	0.9992	0.7692

Clase N3

Clase N3	Accuracy	Sensibilidad	Especificidad	Precisión
Clase N3	0.6637	0.5753	0.6807	0.7333

Clase Rem

Clase Rem	Accuracy	Sensibilidad	Especificidad	Precisión
Clase Rem	0.8109	0.9074	0.8271	0.8395

AWAKE

AWAKE	Accuracy	Sensibilidad	Especificidad	Precisión
AWAKE	0.8811	0.5870	0.9803	0.7536

Subject 10 /Expert 1 y 2

Clase N1	Accuracy	Sensibilidad	Especificidad	Precisión
Clase N1	0.8256	0.5155	0.8744	0.8065

Clase N2

Clase N2	Accuracy	Sensibilidad	Especificidad	Precisión
Clase N2	0.6067	0.0000	1.0000	0.8077

Clase N3

Clase N3	Accuracy	Sensibilidad	Especificidad	Precisión
Clase N3	0.6538	0.3175	0.8807	0.4375

Clase Rem

Clase Rem	Accuracy	Sensibilidad	Especificidad	Precisión
Clase Rem	0.8136	1.0000	0.8049	0.8052

AWAKE

AWAKE	Accuracy	Sensibilidad	Especificidad	Precisión
AWAKE	0.8689	0.2593	1.0000	0.8235



# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## CONCLUSIONS MODEL (I)

### FEATURES OF PAPER VS FEATURES OF YASA LIBRARY



- Los Resultados *de la curva ROC y Matrices de Confusión* son tienen un *rendimiento muy semejante* tanto cuando se utilizan las características implementadas como con las obtenidas por la librería yasa.
  - I. *Algo ligeramente mejor cuando usamos las características implementadas.*
- Los resultados en ambos casos son *mejores cuando entrenamos combinando todas las variables y etiquetas de los dos expertos* en una única estructura. Una *alta especificidad* y una *mucho mejor sensibilidad* en la *mayoría de las etapas*.





# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## **FEATURES OF PAPER AND FEATURES OF YASA LIBRARY**

- Existe una persona que cuesta más predecir y los valores de la curva ROC son menores. Dependerá del ruido de las señales (no hemos quitado los artefactos). O el aspecto particular de sus vicios en el sueño. Hay sujetos que pueden tener transiciones rápidas entre etapas e incluso saltárselas (lo explica la baja sensibilidad, por ejemplo, en N2 y algunos casos en REM.)
  - Las etapas N2 y algunos casos N3 son más difíciles de predecir. Por tipo de ondas que conforman estas, son más sensibles a artefactos e interferencias. Es más difícil de recopilar datos correctos si el sujeto tiene transiciones rápidas entre etapas., etc.
  - Por tanto, podría darse el caso que un sujeto no se prediga una etapa (es algo normal). Puede que no llegue a sueño profundo o directamente pase a él. (baja sensibilidad)



# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

**La alta especificidad** (*el modelo es bueno para predecir correctamente las etapas que no pertenecen a la clase de interés*) en la clasificación de etapas de sueño indica que *cuando el modelo predice que un segmento de sueño pertenece a la clase "No REM", es probable que sea correcto.*

## *Alta especificidad y una sensibilidad aceptable*

El algoritmo de selección automática de características es fácilmente explicable y por tanto los resultados obtenidos pueden ser explicables y razonables acorde a los valores de las características seleccionadas (al realizarlo con las predicciones de los dos expertos estamos intentando mantener una robustez ante desviaciones de predicciones de otros expertos).

# **REFLECTIONS APP(I)**

*El modelo tiene una baja tendencia a clasificar erróneamente las etapas de sueño*



# SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM APP

## REFLECTIONS APP(II)

- 
- Aunque el sistema desarrollado es mejorable (eliminación de artefactos, comparación con otros modelos como *Gradient Boosting* (Yasa), etc.). Podemos decir que es un buen modelo en aspectos de rendimiento y puede predecir correctamente las etapas de sueño con un AUC relevante.

**EL MODELO CUMPLE CON LOS REQUISITOS CLÍNICOS Y ES ROBUSTO EN DIVERSAS SITUACIONES. ADEMÁS, ES FÁCIL SU EXPLICABILIDAD.**

# BIBLIOGRAFÍA

- [1] Sirvan Khalighi [↑](#), Teresa Sousa, Gabriel Pires, Urbano Nunes; “Automatic sleep staging: A computer assisted approach for optimal combination of features and polysomnographic channels”. Institute of Systems and Robotics (ISR-UC), Department of Electrical and Computer Engineering, University of Coimbra, Coimbra, Portugal. 2013.
- [2] Sirvan Khalighi [↑](#), Teresa Sousa, Gabriel Pires, Urbano Nunes; “ISRUC-Sleep: A comprehensive public dataset for sleep researchers”. Institute of Systems and Robotics (ISR-UC), Department of Electrical and Computer Engineering, University of Coimbra, Coimbra, Portugal. 2013.

