

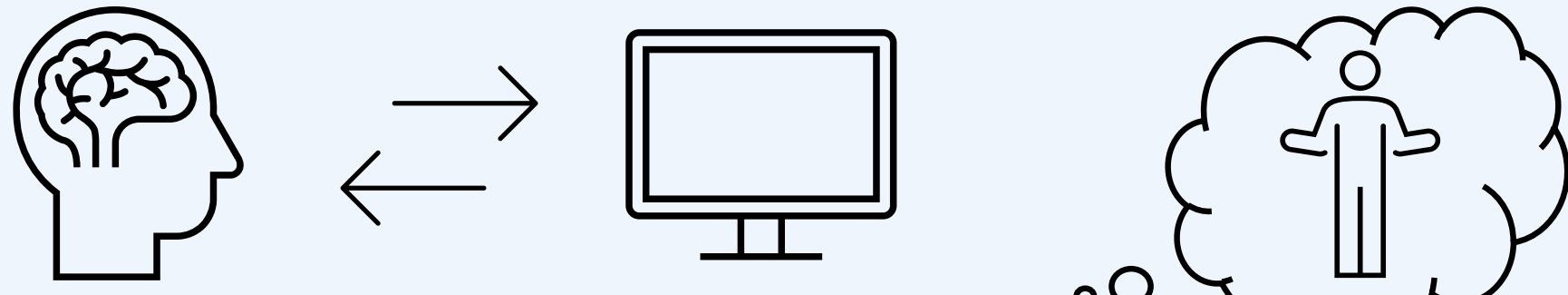
# Procesado *on the edge* de señales EEG para reconocimiento de tareas de imaginación motora

**Daniel Enériz, Ana Caren Hernández-Ruiz, Nicolás Medrano, Belén Calvo**

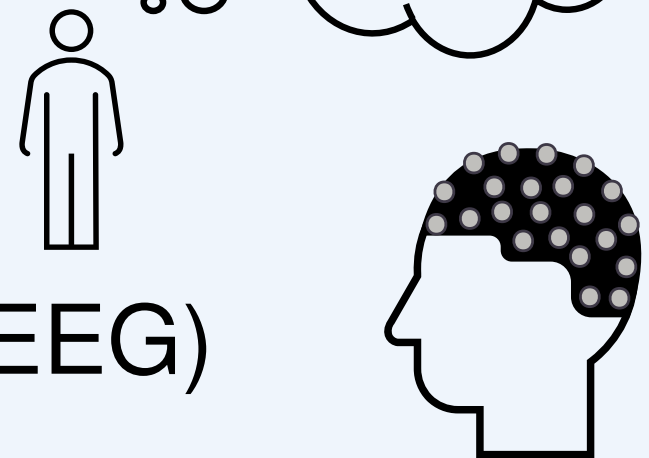
{eneriz, anaacaren, nmedrano, becalvo}@unizar.es, Grupo de Diseño Electrónico (GDE-I3A)

## Introducción

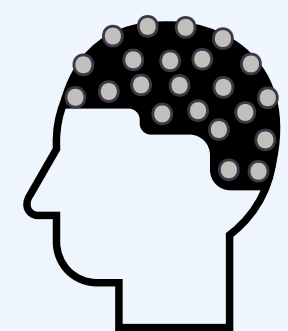
- Brain-Computer Interface (BCI)



- Motor Imagery (MI)



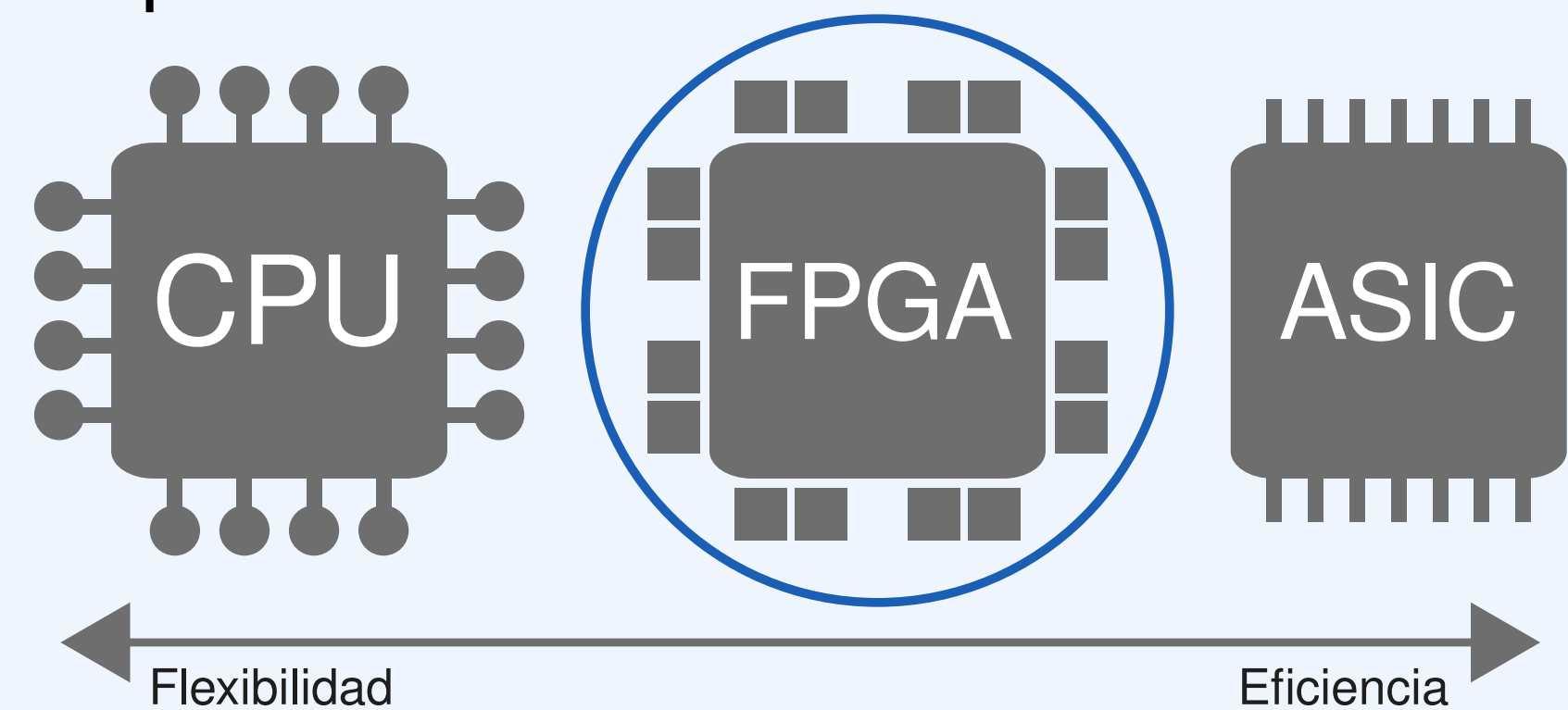
- Electroencefalograma (EEG)



- Procesado:

*Feature Extractor* + *Classifier*  
Redes Neuronales Convolucionales (CNN)

- Soporte Hardware:



## Dataset

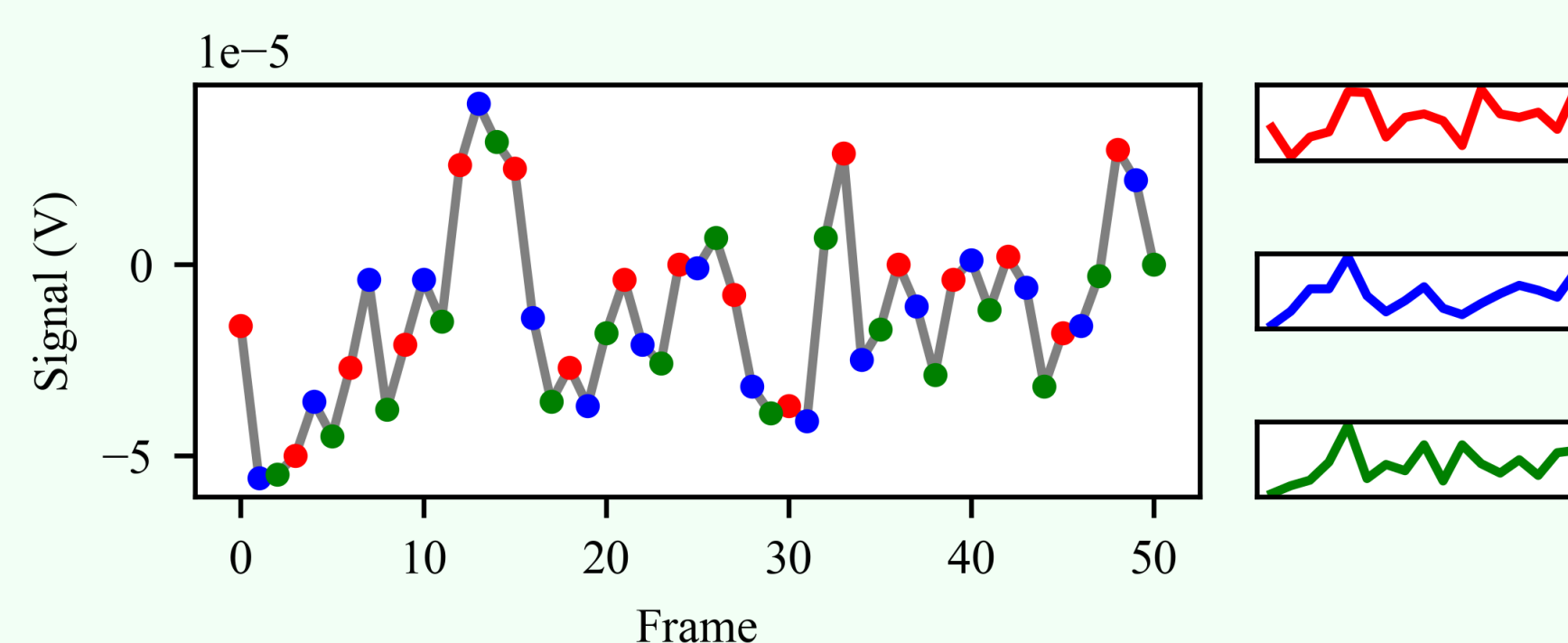
- *Physionet Motor Movement/Imagery*:

- 109 sujetos
- 64 canales EEG
- 4 clases: L/R/O/F
- 3 escenarios
- 21 muestras/clase
- 160 Hz



- Parámetros reducción del dataset:

- Ventana temporal  $T$
- Número de canales  $N_{chan}$
- Downsampling*  $ds \rightarrow$  *Data augmentation*



## Implementación

- Xilinx Zynq 7010:

- PL: 28K CLBs, 17.6K LUTs, 35.2K FFs, 2.1Mb BRAM, 80 DSP
- PS: ARM Cortex-A9 @ 667MHz
- Red Pitaya STEMLab 125-10

- Descripción algorítmica: C/C++

- Datos de punto fijo: (16,8)

- Resultados de síntesis:



$T$ (s)	$ds$	Lat. (ms)	FF (%)	LUTs (%)	BRAM (%)	DSPs (%)
3	1	87.50	29.12	28.01	152.50	18.75
	2	25.42	28.97	28.05	84.17	17.50
	3	12.43	28.40	27.55	84.17	17.50
2	1	58.33	29.22	27.98	150.83	18.75
	2	16.95	29.07	28.02	82.50	17.50
	3	8.29	28.39	27.49	48.33	17.50
1	1	29.17	28.97	27.98	82.50	17.50
	2	8.48	28.86	27.85	48.33	17.50
	3	4.14	28.16	27.38	31.67	17.50

- Simulación HLS modelo global con  $T=3$ ,  $ds=2$ : *Accuracy* 65.45%, pérdida del 0.11%

## Arquitectura, validación y entrenamiento

- Adaptación de la EEGNet:

- Sustitución de las ELUs por LReLU
- Ajuste de las alfas de las LReLU
- Eliminación de *Dropouts* y *BatchNorm*.

- Validación, dos tipos de modelos:

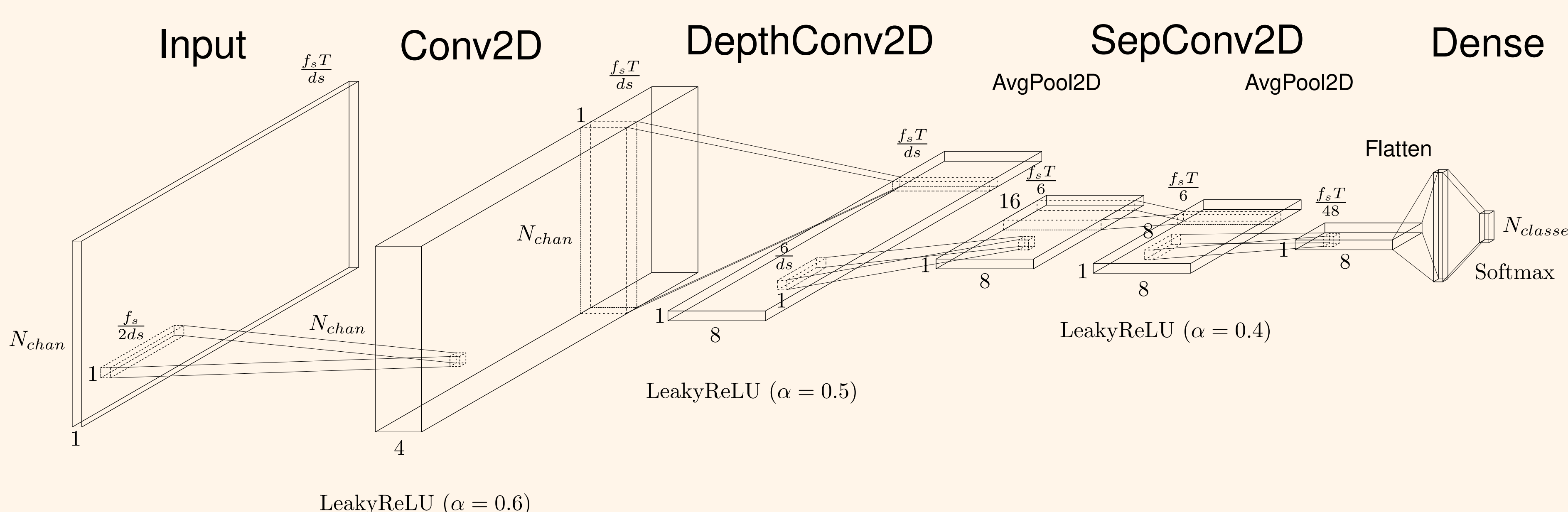
- Global: Cross Validation 5-fold (sujetos)
- Subject specific*: *Transfer Learning* CV 4-fold (muestras)

- Entrenamientos (Adam):

- Global: 100 épocas, BS 16, LR *scheduler*
- SS: 5 épocas, BS 16, LR =  $10^{-2}$



$N_{clases}$	Dose et al.		Wang et al.		Proposed work			
	Global	SS-TL	Global	SS-TL	$ds = 1$		$ds = 2$	
2	80.38	86.49	82.43	84.32	83.15	87.46	82.52	93.10
3	69.82	76.25	75.07	80.07	75.74	83.26	75.34	93.21
4	58.59	68.51	65.07	70.83	65.75	74.31	65.56	89.23



## Conclusiones

- Modelo para el reconocimiento de tareas de MI a partir de EEG

- Adaptación de la EEGNet que mejora el estado del arte en el dataset *Physionet Motor Movement/Imagery*

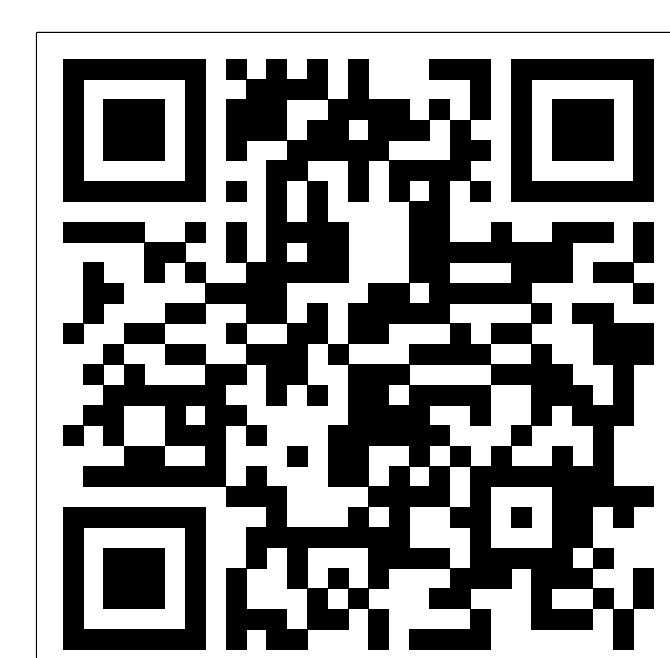
- Parámetros de reducción: Control del tamaño del modelo

- Uso del *downsampling* como *data augmentation*

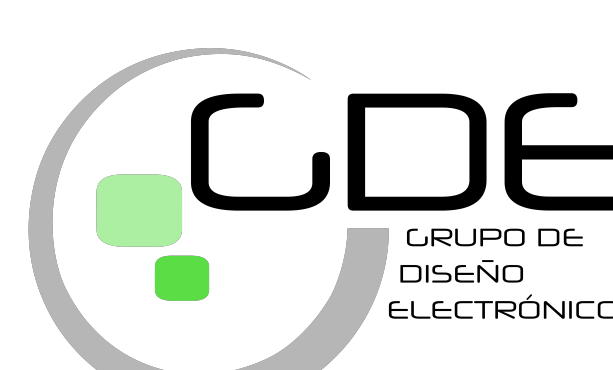
- Implementación en FPGA de bajo coste usando tipos de dato de punto fijo

- Pequeña pérdida de precisión ( $\sim 0.11\%$ )

**Contacto y más información:**



Instituto Universitario de Investigación  
en Ingeniería de Aragón  
Universidad Zaragoza



Facultad de Ciencias  
Universidad Zaragoza