

# SISTEMA DE DESARROLLO DE CAMPOS NEURONALES DIFERENCIALES CON APRENDIZAJE AUTOMATIZADO A PARTIR DEL MODELO NEURONAL DIFERENCIAL DE IZHKEVICH



D. L. Vergara-Sánchez<sup>a</sup>, I. Salgado-Ramos<sup>b</sup> y I. Chairez-Oria<sup>a</sup>

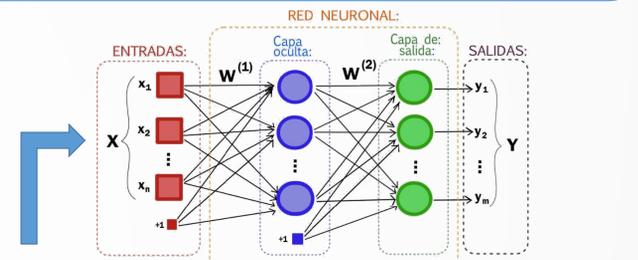
<sup>a</sup>UPIBI, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México. [diani.vergara94@gmail.com](mailto:diani.vergara94@gmail.com)

<sup>b</sup>CIDETEC, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.

- El objetivo de este trabajo es desarrollar una propuesta de red neuronal artificial multicapa que sea capaz de realizar el ensamble automático de redes con múltiples neuronas organizadas en diferentes topologías, utilizando el modelo diferencial de neurona propuesto por Izhikevich.
- El método propuesto busca modelar las relaciones entrada-salida que existen en respuestas corticales a partir del ajuste de los pesos que interconectan los diferentes arreglos neuronales.
- Se desarrollaron tres modelos de ajuste para los pesos de tres modelos diferentes de arreglos multicapa de redes basados en la neurona artificial de Izhikevich.
- Se desarrollaron los modelos de simulación numérica que permitieron evaluar el funcionamiento de los algoritmos de ajuste, incluyendo la capacidad de cada uno de estos para reproducir la evolución temporal de señales electroencefalográficas obtenidas de una base de datos anotada.

## 1. Resumen

## 2. Objetivos



**Cerebro:** cientos de billones de neuronas y trillones de sinapsis

**Potenciales de membrana:** intercambio de iones

**Señales electroencefalográficas:** información compleja y codificada

## 3. Introducción

**Redes Neuronales Artificiales:** introducción de pesos ponderados  $\omega$  de conexión interneuronal

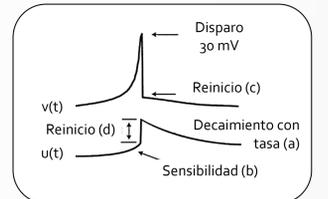
**Modelo de Izhikevich:** describe el potencial de membrana (despolarización y repolarización)

Con diferentes  $a, b, c, d$  se pueden describir diferentes dinámicas de neuronas corticales

$$\dot{v} = 0.04v^2 + 5v + 140 - u + I$$

$$\dot{u} = a(bv - u)$$

si  $v = 30\text{mV}$  entonces  $\begin{cases} v \leftarrow c \\ u \leftarrow u + d \end{cases}$



## 4. Metodología

4.1 Propuesta de estructuras de RNA de Izhikevich

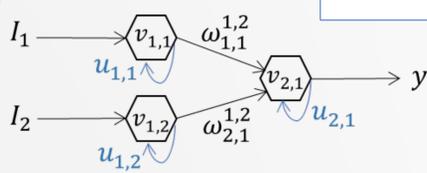
4.2 Primer caso: Estimación por mínimos cuadrados

4.3 Segundo caso: Estimación de las leyes de aprendizaje

4.4 Tercer caso: Estimación de la variable  $u$

4.5 Selección de la señal EEG a simular

4.6 Aplicación de los algoritmos a las estructuras propuestas

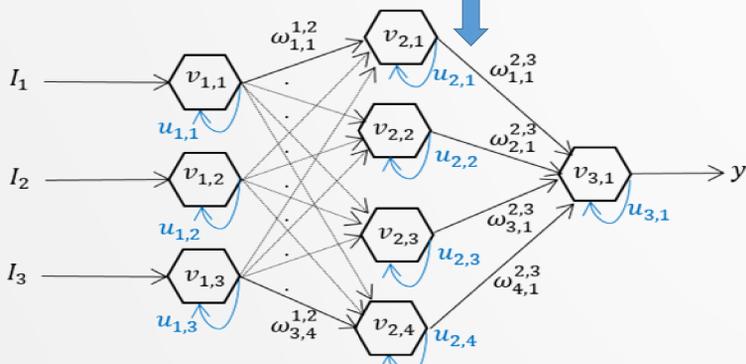


$$\hat{\theta}_t = (\Sigma \psi \psi^T)^{-1} (\Sigma \psi \hat{I})$$

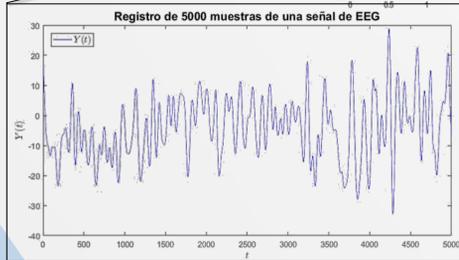
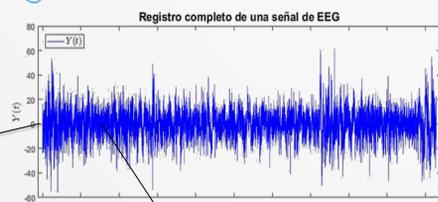
$$\dot{\hat{\omega}}_1 = -K_1^{-1} P \Delta \sigma^T(\hat{x})$$

$$u = -K \text{sign}(e)$$

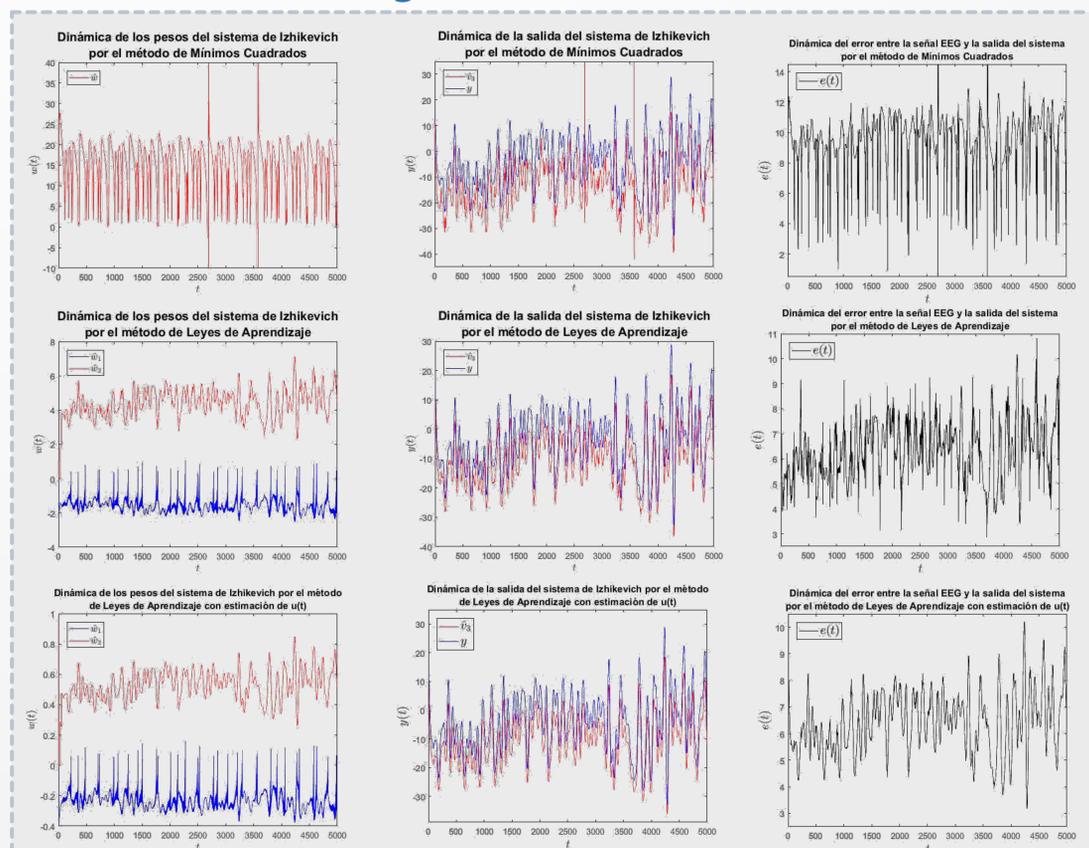
$$\dot{\hat{\omega}}_2 = -K_2^{-1} P \Delta u^T \varphi^T(\hat{x})$$



Señal EEG a simular



## 5. Resultados



## 6. Conclusiones

- Se desarrollaron tres métodos para simular señales complejas (señales electroencefalográficas) con RNA pulsantes simples, es decir, que están conformadas por un número reducido de neuronas. Los tres métodos de ajuste de los parámetros fueron inspirados por los casos que corresponden a las condiciones del modelo de Izhikevich.
- Se desarrolló un sistema automatizado que permitió construir RNA de diferentes topologías con diferente número de capas y número de neuronas por capa.
- Se logró demostrar el funcionamiento de cada uno de los métodos de ajuste de parámetros a través de la comparación de las señales generadas por la RNA y las obtenidas en un circuito neuronal específico.

## 7. Referencias

AL, G., LAN, A., L, G., JM, H., PCh, I., RG, M., ... HE, S. (2017). EEG Signals from an RSVP Task. Recuperado a partir de <https://www.physionet.org/physiobank/database/ltrsvp/>

Izhikevich, E. M. (2003). "Simple model of spiking neurons", en IEEE Transactions on Neural Networks, 14(6), Maass, W. (1997). Networks of Spiking Neurons : The Third

1569–1572. <https://doi.org/10.1109/TNN.2003.820440>.

Izhikevich, E. M., & FitzHugh, R. (2006). FitzHugh-Nagumo model. <https://doi.org/doi:10.4249/scholarpedia.1349>

Generation of Neural Network Models, 10(9), 1659–1671.

Matran-Fernandez, A., & Poli, R. (2017). Towards the automated localisation of targets in rapid image-sifting by collaborative braincomputer interfaces. PLoS ONE, 12(5), 1–28. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178498>

Obtén el artículo completo aquí

