
Federated Learning distribuido mediante procesos de consenso en redes

Trabajo Fin de Máster

Máster en Inteligencia Artificial, Reconocimiento de Formas e Imagen Digital



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

DSIC
DEPARTAMENT DE SISTEMES
INFORMÀTICS I COMPUTACIÓ

Autor: Picó Pascual, Aarón
Tutor: Rebollo Pedruelo, Miguel

Introducción y Problema

	Machine Learning / Deep Learning	Federated Learning	Problema
Computación Distribuida	No: Única máquina	Sí: Red de máquinas	Paralelización de la computación
Datos Distribuidos	No: Deben compartirse y reunirse en la máquina que realiza el entrenamiento	Sí: Cada máquina utiliza datos locales. Únicamente se comparte la actualización del modelo	Datos sensibles Tamaño del conjunto inabarcable
Proceso Distribuido	No: El centralismo es total	No: Solo descentralizado (servidor central)	Fuertes dependencias

Objetivos

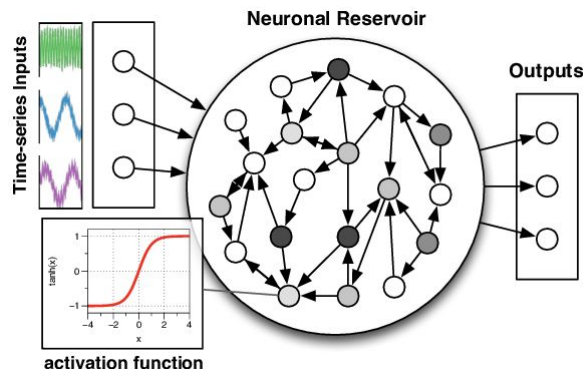
1. Federated Learning distribuido con métodos de consenso en redes

- Liberar al paradigma de FL de la dependencia de un servidor central

	Federated Learning + consenso
Computación Distribuida	Sí
Datos Distribuidos	Sí
Proceso Distribuido	Sí, se llega al valor medio mediante proceso de consenso entre pares

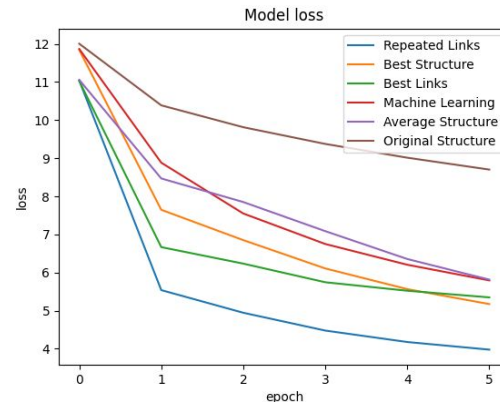
2. Entrenar Echo State Networks (ESN) mediante Federated Learning

- ESN son modelos de RNN con estructura aleatoria

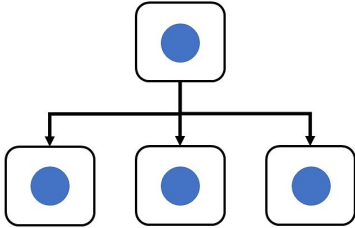
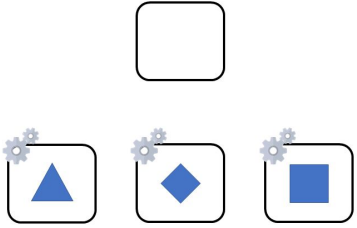
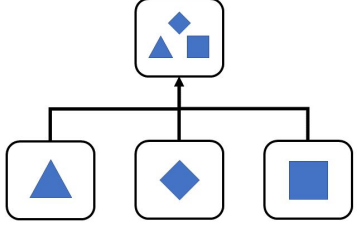
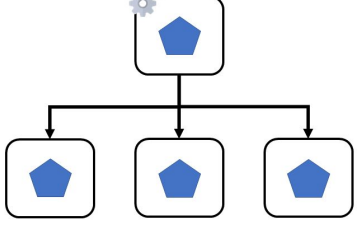


3. Buscar posibles sinergias entre los conceptos de FL y ESN

- Diferentes métodos para la combinación de las estructuras



Estado del Arte - Federated Learning

Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4
<p>Servidor Central</p> 	<p>Servidor Central</p> 	<p>Servidor Central</p> 	<p>Servidor Central</p> 
El servidor central envía el modelo inicial al conjunto de nodos	Los nodos entrenan el modelo localmente con los datos que disponen	Los nodos envían los pesos actualizados al servidor central	El servidor central crea un modelo global mediando todos los pesos que vuelven a enviarse a los nodos . Se regresa al Paso 2.

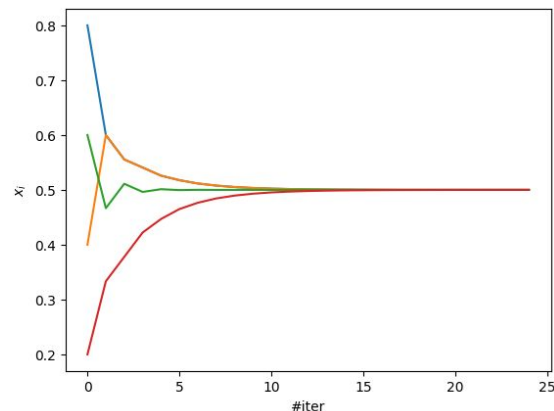
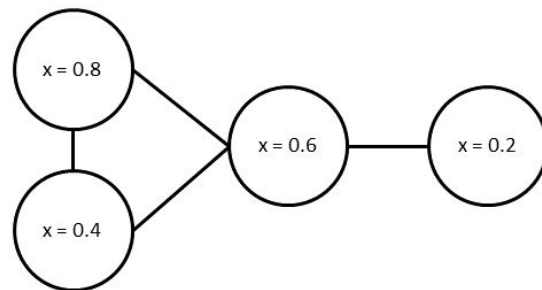
Estado del Arte - Algoritmo de consenso

Proceso iterativo para consensuar el valor de una variable común sin un proceso central.

Por cada ronda de consenso, cada agente reúne el valor de los nodos vecinos y se actualiza suyo mediante la fórmula:

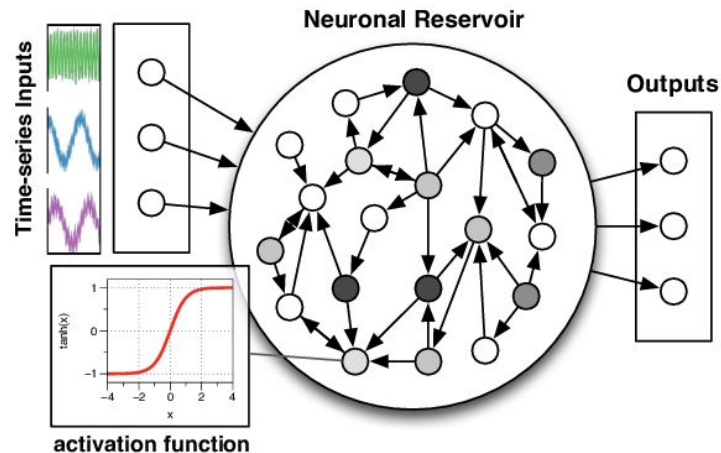
$$x_i(t+1) = x_i(t) + \epsilon \sum_{j \in N_i} [x_j(t) - x_i(t)]$$

Ronda a ronda, los nodos se acercan al valor promedio de toda la red hasta que todos convergen al mismo.



Estado del Arte - Echo State Networks

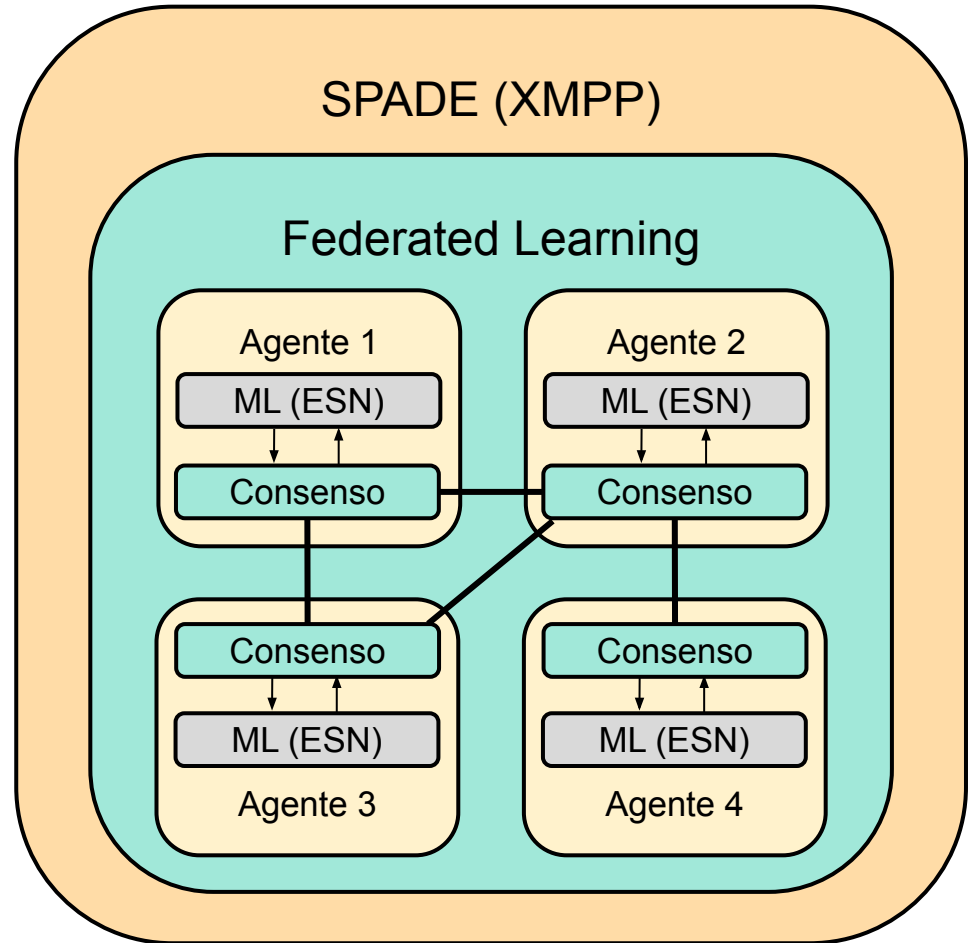
- Subtipo de RNN, basado en Reservoir Computing
- Reservorio:
 - Estructura recurrente aleatoria
 - Pesos no entrenables
 - Reserva de características
- Ventajas:
 - Entrenamiento rápido (solo capa de salida)
 - Desempeño competitivo



Solución

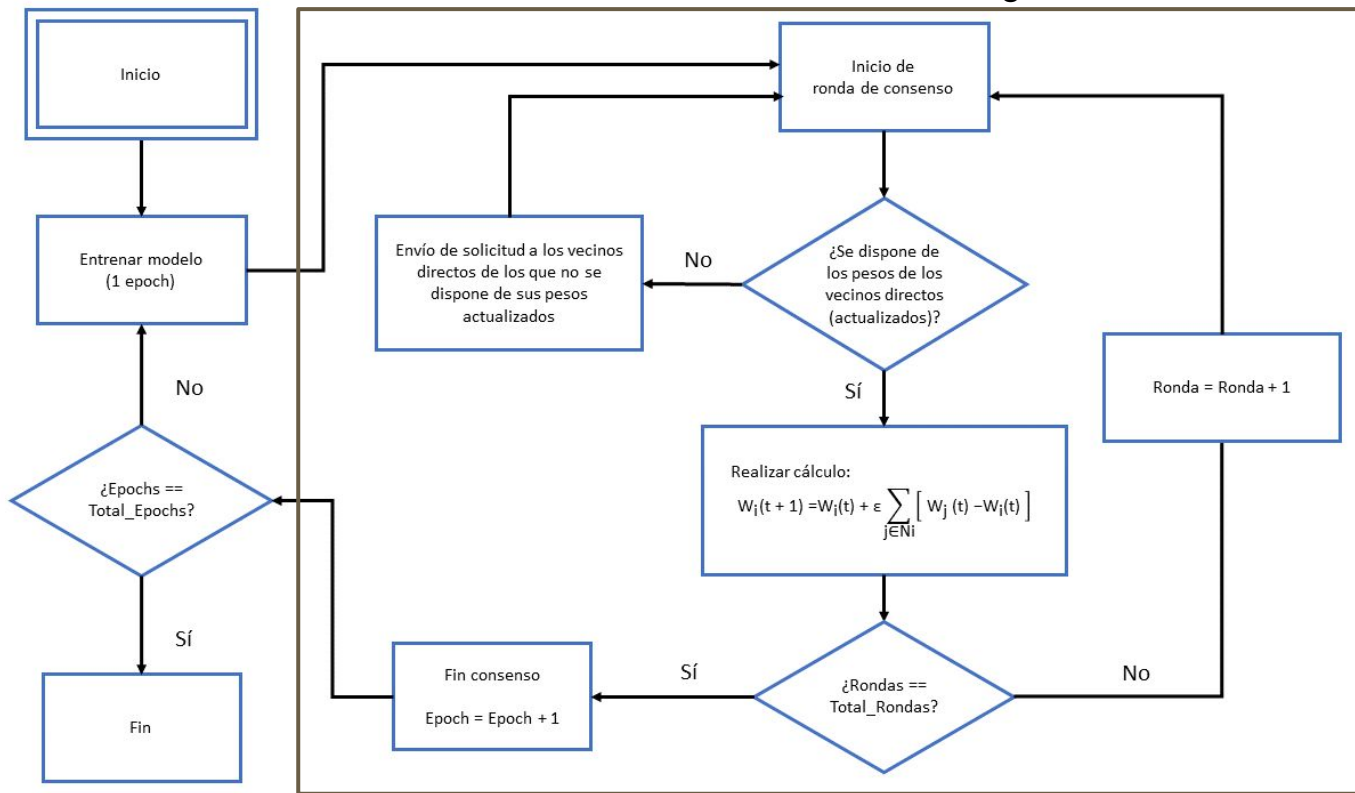
Federated Learning distribuido mediante proceso de consenso

	Federated Learning + consenso
Computación Distribuida	Sí
Datos Distribuidos	Sí
Proceso Distribuido	Sí, se llega al valor medio mediante proceso de consenso entre pares

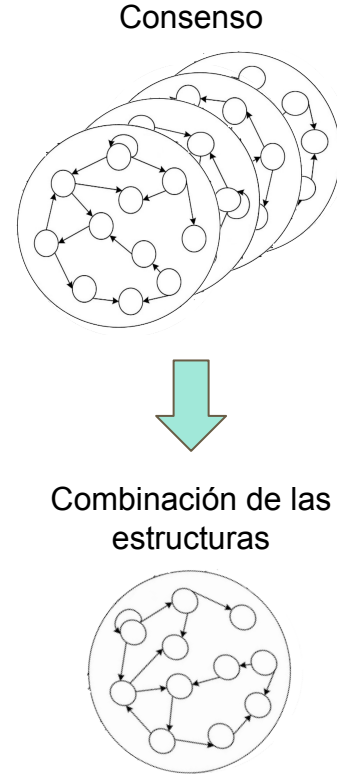
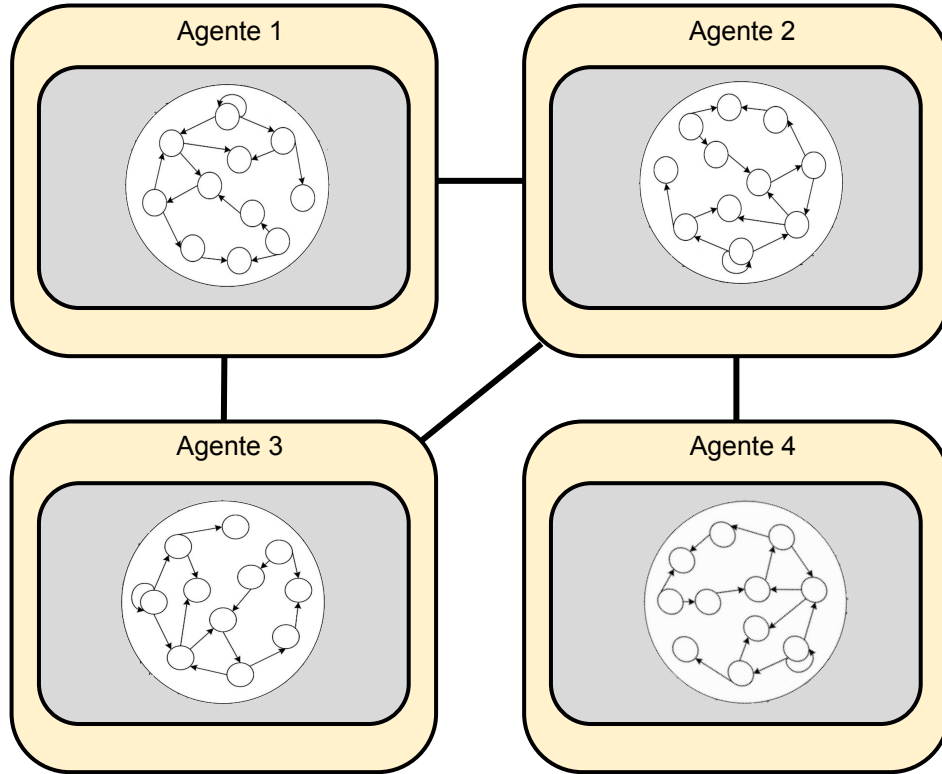


Diseño e Implementación

Federated Learning mediante Consenso



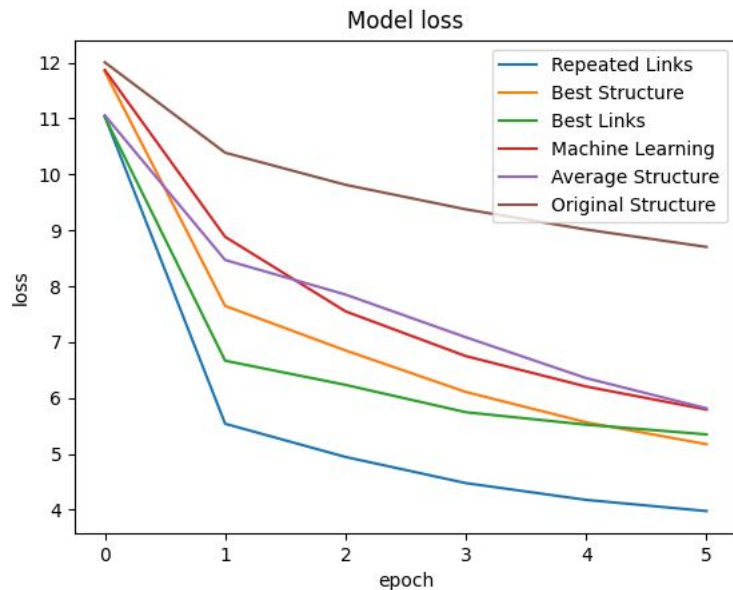
Combinación estructuras ESN



Experimentos Estructuras ESN

Combinación de Estructura ESN:

- Original
- Promedio
- Mejor estructura
- Enlaces más repetidos
- Enlaces repetidos en las mejores estructuras



Resultados Comparación con Caso Real

Caso Real: Predicción de la producción de energía eólica

Dataset: AEMO - Datos de producción eólica en Australia 2018

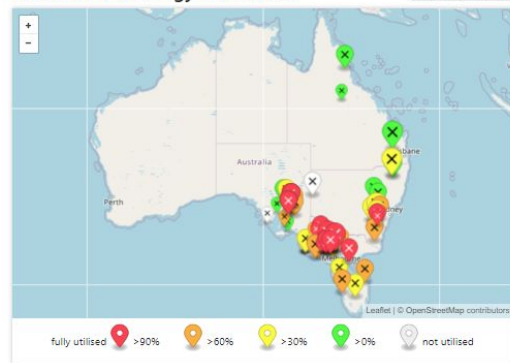
Enlace: <https://anero.id/energy/wind-energy>

Wind Energy

Wind power in the Australian Energy Market

Current Wind Energy Generation

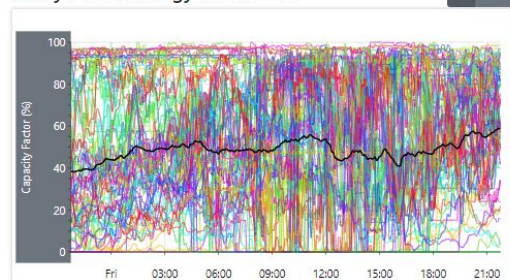
Fri 21:45 AEST



Each wind farm on this map is colour coded by current output in proportion to registered capacity (i.e. capacity factor). Larger icons represent larger registered capacities: large >250MW; medium >100MW; small ≤ 100MW.

Today's Wind Energy Production

% MW



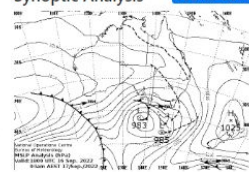
About Aneroid Energy

These pages are designed to make information about energy production within the Australian electricity grid readily accessible.

The energy markets and systems in south eastern Australia are operated by the [Australian Energy Market Operator \(AEMO\)](#) and the data on this site is sourced from their publicly available data sets.

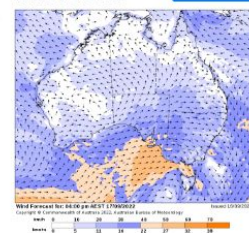
Synoptic Analysis

source: BoM



Wind Forecast

source: BoM

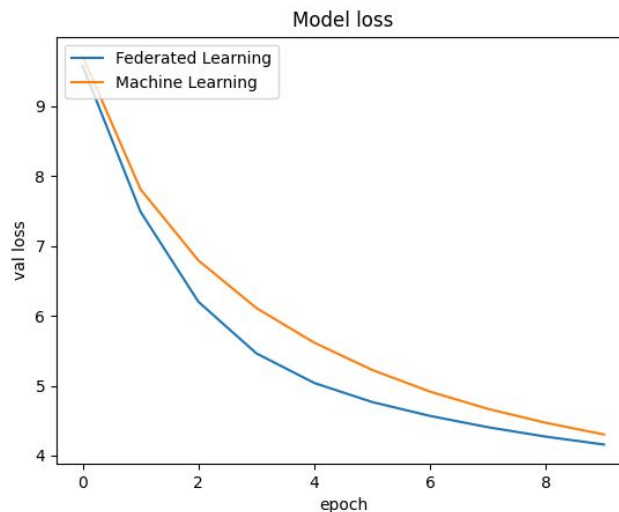
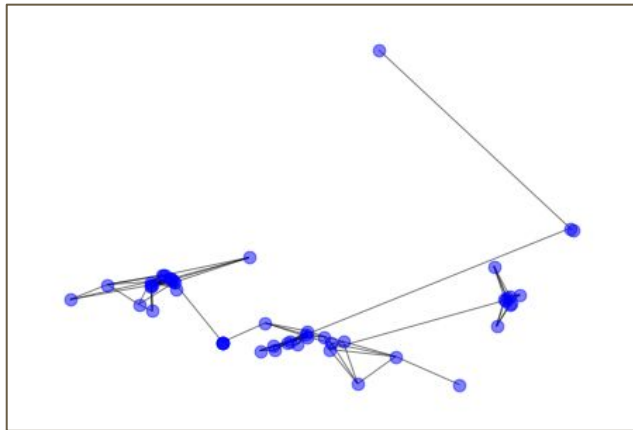


Daily Wind Power Graphs

Resultados Comparación con Caso Real

Red: 51 granjas eólicas conectadas por proximidad (Random Geometric Graph)

Red de granjas eólicas de Australia (51 nodos)



	Loss (10 epochs)
Federated Learning	4.16
Machine Learning	4.30

Conclusiones y trabajos futuros

Conclusiones:

- Es posible implementar **FL distribuido mediante consenso en redes**.
- Es posible entrenar **redes con estructura aleatoria (ESN) mediante FL**.
- La **combinación de las estructuras del reservorio** de los modelos de ESN influye en el desempeño.
- Se verifica con un **caso real** la efectividad de este entrenamiento.

Trabajo a futuro:

- Búsqueda de **métodos combinatorios** para las estructuras que obtengan mejor beneficio.
- **Modificación del algoritmo de FL** para lograr mejor desempeño.