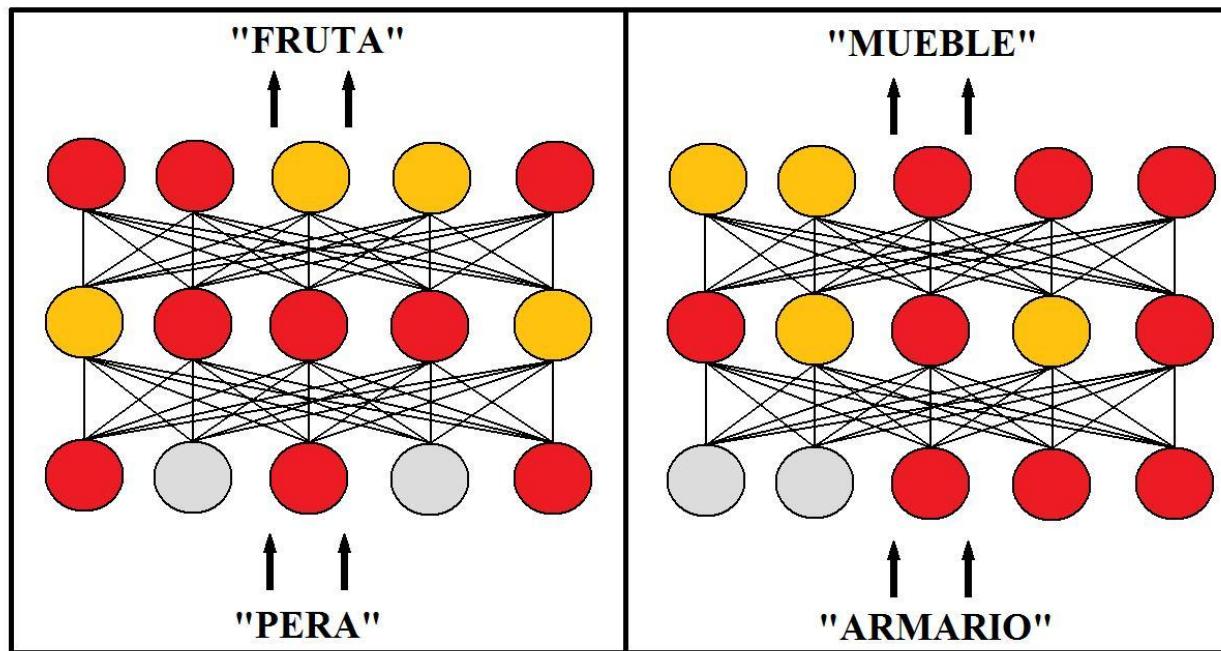


SISTEMAS INTELIGENTES ARTIFICIALES

Prof.: Esp. Ing. Agustín Fernandez

MECANISMOS DE REDES NEURONALES

- Modelo conexionista o redes neuronales artificiales:
- Esta rama de la IA toman como modelo a la mente humana, intentando simular por medio de una computadora el funcionamiento de nuestro cerebro.

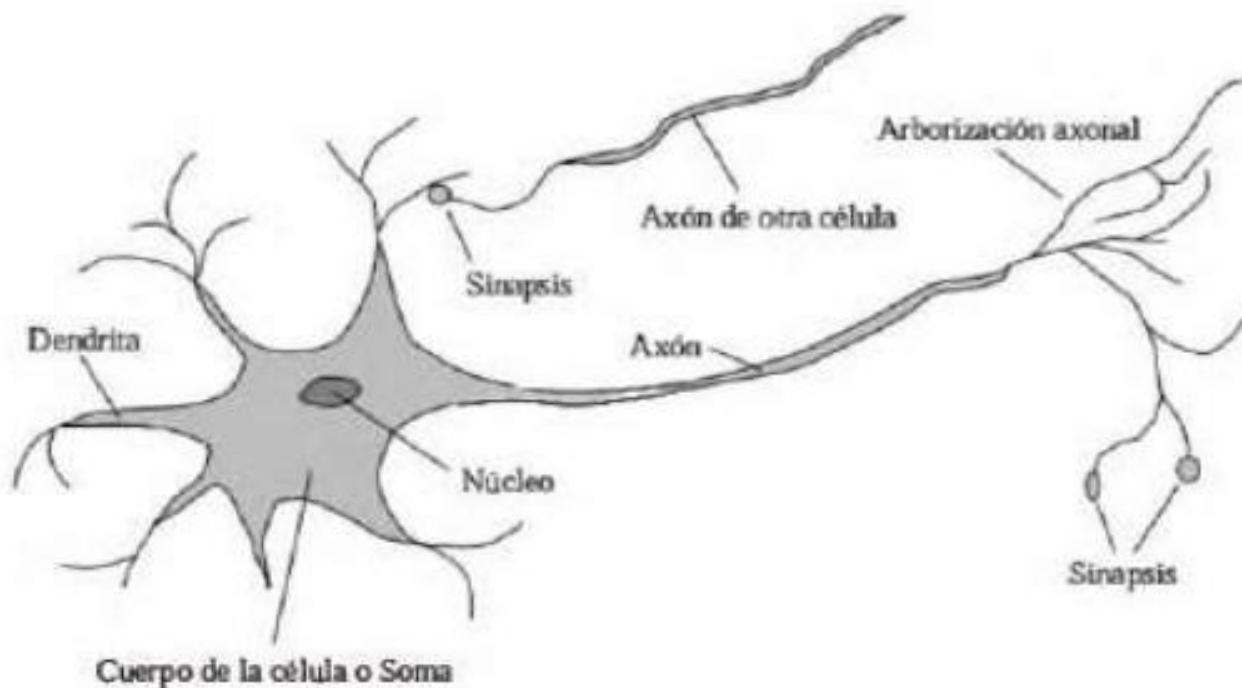


MECANISMOS DE REDES NEURONALES

- **Modelo conexionista o redes neuronales artificiales:**
- Los detractores del modelo de las redes neuronales o modelo conexionista le quitan importancia a este campo de la IA debido a que piensan, en general, que el conexionismo se inspira en una forma demasiado “primitiva” de representación del conocimiento y el razonamiento: la neurona y sus relaciones.

MECANISMOS DE REDES NEURONALES

- El modelo biológico:
- Estructura de una neurona biológica



MECANISMOS DE REDES NEURONALES

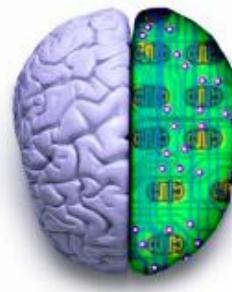
- **Neurona biológica:**
- Posee un cuerpo mas o menos esférico de 5 a 10 micras de diámetro.
- Del cuerpo se desprende una rama principal llamada Axón y varias ramas mas cortas llamadas Dendritas.
- El Axón se ramifica extensamente en su extremo.
- La neurona es una célula biológica que tiene capacidades de comunicación con otras células neuronales.
 - Las dendritas reciben señales de entrada desde otras células a través de los puntos de conexión llamados sinapsis.
 - El cuerpo celular combina e integra y emite señales de salida.
 - El Axón transporta esas señales a los terminales Axónicos que distribuyen la información a un nuevo conjunto de neuronas.

MECANISMOS DE REDES NEURONALES

- Neurona biológica:
- Aclaración informal: Las señales que llegan de las dendritas pueden ser **excitatorias** o **inhibitorias**, y podemos decir informalmente que si la suma ponderada de estas, realizada dentro del cuerpo de la neurona, supera su "umbral de activación" dentro de un tiempo suficiente, la neurona se disparará, enviando un impulso nervioso a través de su axón.

MECANISMOS DE REDES NEURONALES

- **Neurona biológica:**
- Existen en el cerebro humano 10^{15} conexiones.



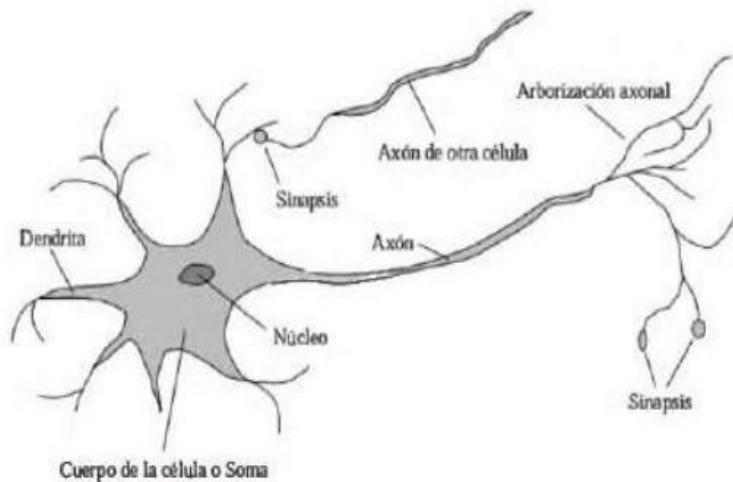
- Las señales son de dos tipos:
 - **Eléctrica:** señal generada por la neurona y transportada a lo largo del Axón.
 - **Química:** señal transmitida entre los terminales Axónicos de una neurona y las dendritas de otra.

MECANISMOS DE REDES NEURONALES

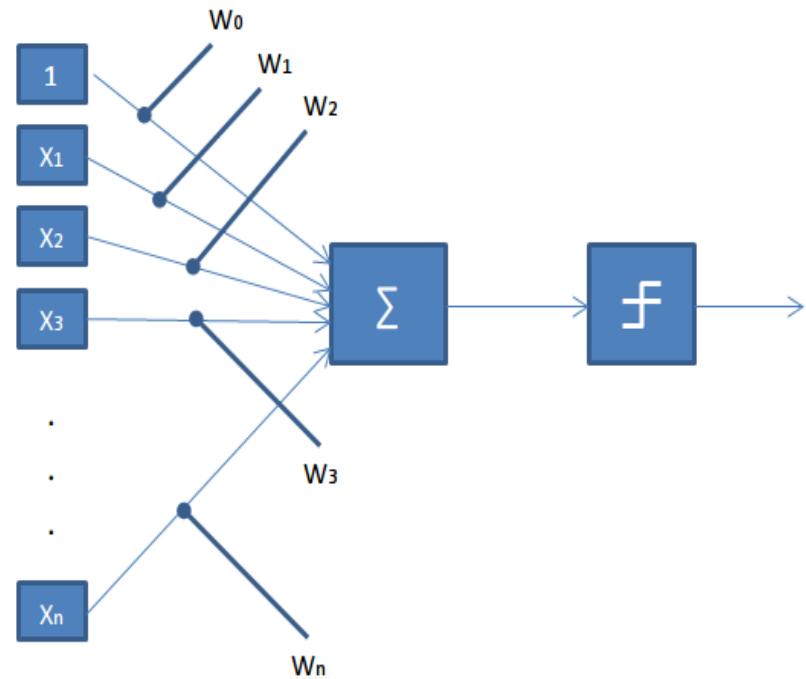
- **Elementos de una red neuronal artificial:**
- Compuesta por:
 - Un gran número de elementos muy simples que procesan de modo similar a las neuronas.
 - Un gran número de conexiones con “pesos” entre los elementos (los pesos en las conexiones codifican el conocimiento de una red).
 - Tres tipos de neuronas:
 - De entrada: reciben los estímulos externos (relacionada con el aparato sensorial)
 - Ocultas: generan el procesado y la representación interna de la información.
 - De salida: estas unidades dan la respuesta del sistema.

MECANISMOS DE REDES NEURONALES

Neurona bilógica

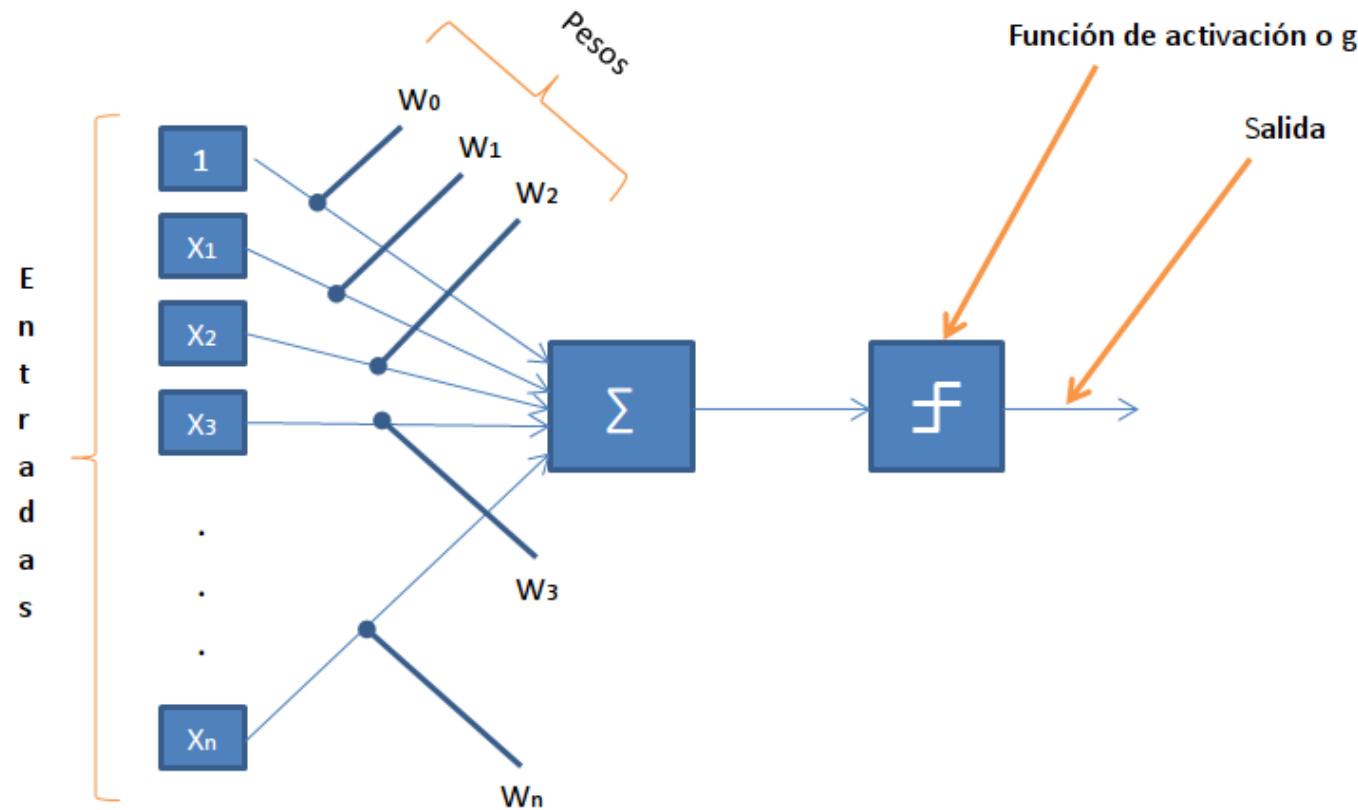


Neurona artificial



MECANISMOS DE REDES NEURONALES

- Neurona artificial:



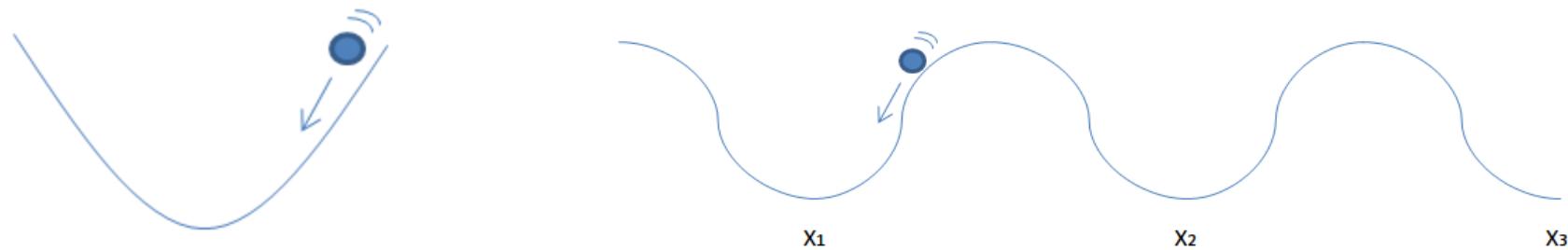
MECANISMOS DE REDES NEURONALES

- **Neurona artificial:**

- Posee entradas que permite propagar la activación de la unidad i a la j.
- Cada conexión tiene un peso numérico W_{ij} asociado, que determina la fuerza y el signo de la conexión con la neurona i. Si $W_{ij} > 0$ la conexión es excitadora, si $W_{ij} < 0$ la conexión es inhibidora y si $W_{ij} = 0$ se supone que no hay conexión entre ambas.
- Cada unidad i primero calcula una suma ponderada de sus entradas: $U_j = \sum W_{ij} \cdot X_i$ (con i=0 hasta n).
- Luego se aplica una función de activación g a la suma para lograr la salida: $g(U_j) = g(\sum W_{ij} \cdot X_i)$ (con i=0 hasta n).
- La función de activación habilita (cerca de +1) la unidad cuando se dan las entradas adecuadas y la desactiva en caso contrario.

MECANISMOS DE REDES NEURONALES

- Modelo de Hopfield:
- Memoria asociativa.
- Analogía física de la memoria:



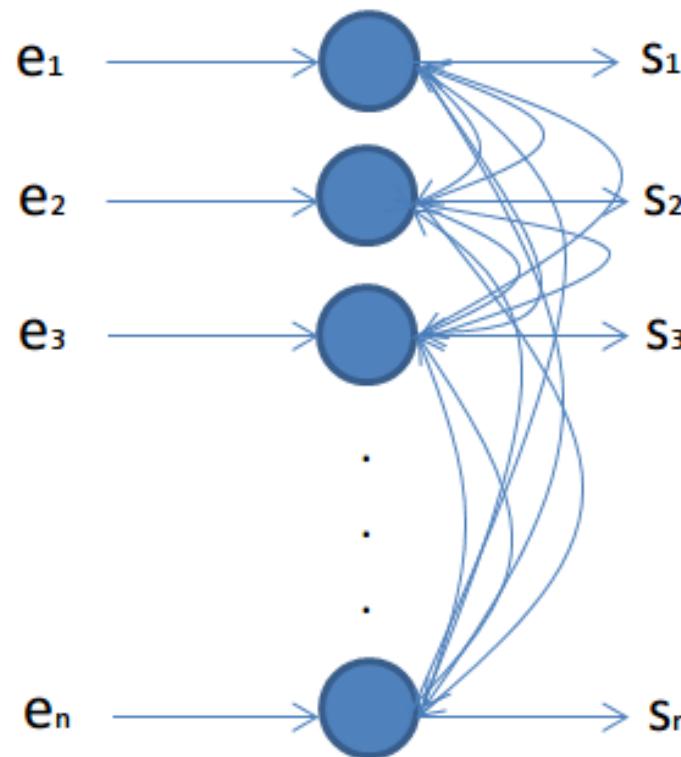
MECANISMOS DE REDES NEURONALES

- **Modelo de Hopfield:**

- Red neuronal monocapa.
- Suele manejar valores de [1, -1].
- La salida de cada nodo se conecta a todos los demás.
- Conexiones multidireccionales.
- No se permiten conexiones de cada neurona consigo misma.
- La red siempre converge a la solución de uno de los patrones aprendidos así posea información parcial como entrada.
- Usa función de activación del tipo escalón para el modelo discreto.
- Utiliza un mecanismo de aprendizaje no supervisado del tipo Hebbiano: $\Delta w_{ij} = y_i \cdot y_j$
- Muy buena para reconocer patrones.
- Se estima empíricamente que cada 7 neuronas se puede almacenar un patrón: cantidad de patrones = $0,14 \cdot N$ (donde N es la cantidad de neuronas)

MECANISMOS DE REDES NEURONALES

- Modelo de Hopfield:



MECANISMOS DE REDES NEURONALES

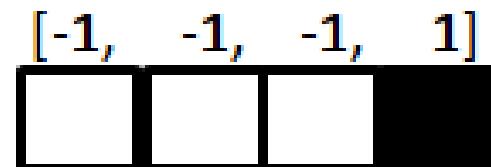
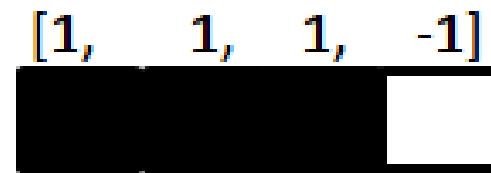
- Modelo de Hopfield:
- Su funcionamiento consiste en memorizar varios patrones como si de una memoria se tratase.
- Si se presenta a la entrada alguna de las informaciones almacenadas la red evoluciona hasta estabilizarse.
- La red puede evolucionar a la salida mas parecida pese a poseer entradas parciales o incompletas.
- La información de entrada debe ser codificada como vector.
- Cada neurona recibe parte de la información, es decir un elemento del vector de entrada.

MECANISMOS DE REDES NEURONALES

- Modelo de Hopfield:
- El mecanismo de aprendizaje es no supervisado u off-line.
- La red calculará la matriz de pesos W con un conjunto de patrones de ejemplo (que se pretende que memorice) y luego aplicará lo aprendido durante el funcionamiento para poder reconocer alguno de esos patrones.
- Una vez establecidos estos pesos la red entra en funcionamiento.
- Calculo de la matriz $W = I \left[\sum_{i=1}^n E_i \times E_i^T \right]$ ó
 $W = \sum_{i=1}^n (E_i \times E_i^T) - I$

MECANISMOS DE REDES NEURONALES

- Modelo de Hopfield: Ejemplo de aprendizaje y funcionamiento
- Patrones de entrenamiento:



MECANISMOS DE REDES NEURONALES

- Modelo de Hopfield: Ejemplo de aprendizaje y funcionamiento
- Patrones de entrenamiento:

$$\text{Para } E_1 \Rightarrow [1, 1, 1, -1] x \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Para } E_2 \Rightarrow [-1, -1, -1, 1] x \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

MECANISMOS DE REDES NEURONALES

- Modelo de Hopfield: Ejemplo de aprendizaje y funcionamiento
- Sumar productos:

- $$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 2 & 2 & -2 \\ 2 & 2 & 2 & -2 \\ 2 & 2 & 2 & -2 \\ -2 & -2 & -2 & 2 \end{bmatrix}$$
- Calculamos la matriz
$$W = I[\sum_{i=0}^n E_i \times E_i^T]$$

- Recordemos que
$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & w_{13} & w_{14} \\ w_{21} & w_{22} & w_{23} & w_{24} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{41} & w_{42} & w_{43} & w_{44} \end{bmatrix}$$
 y que $w_{ii} = 0$
porque no se permiten conexiones de cada neurona consigo misma.

MECANISMOS DE REDES NEURONALES

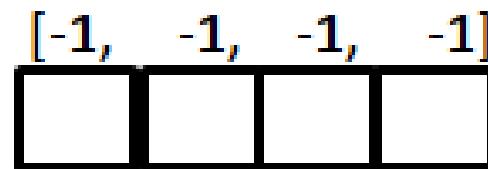
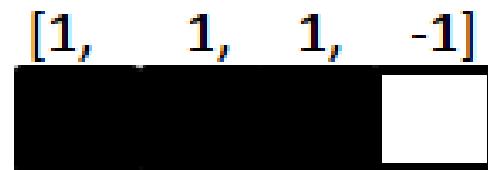
- Modelo de Hopfield: Ejemplo de aprendizaje y funcionamiento
- Por lo tanto:

$$\bullet \quad W = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 2 & -2 \\ 2 & 0 & 2 & -2 \\ 2 & 2 & 0 & -2 \\ -2 & -2 & -2 & 0 \end{bmatrix}$$

- Listo la red ya memorizo los patrones!!!

MECANISMOS DE REDES NEURONALES

- Modelo de Hopfield: Ejemplo de aprendizaje y funcionamiento
- Patrones de prueba:



MECANISMOS DE REDES NEURONALES

- Modelo de Hopfield: Ejemplo de aprendizaje y funcionamiento
- Patrones de prueba:

- Para $T_1 \Rightarrow [1, 1, 1, -1] x \begin{bmatrix} 0 & 2 & 2 & -2 \\ 2 & 0 & 2 & -2 \\ 2 & 2 & 0 & -2 \\ -2 & -2 & -2 & 0 \end{bmatrix} = [6, 6, 6, -6]$
- Aplicamos la función de activación (tipo escalón):
 - $F([6, 6, 6, -6]) = [1, 1, 1, -1]$
- Como la salida es igual al patrón de entrada T_1 entonces se termina el calculo y se dice que la red convergió al patrón de entrada E_1 , es decir que la red reconoció la entrada como tal patrón.

MECANISMOS DE REDES NEURONALES

- Modelo de Hopfield: Ejemplo de aprendizaje y funcionamiento
- Patrones de prueba:

- Para $T_2 \Rightarrow [-1, -1, -1, -1] x \begin{bmatrix} 0 & 2 & 2 & -2 \\ 2 & 0 & 2 & -2 \\ 2 & 2 & 0 & -2 \\ -2 & -2 & -2 & 0 \end{bmatrix} = [-2, -2, -2, 6]$

- Aplicamos la función de activación (tipo escalón):
 - $F([-2, -2, -2, 6]) = [-1, -1, -1, 1]$
- Como la entrada es distinta de la salida vuelvo a aplicar el producto por la matriz de pesos W:

- $[-1, -1, -1, 1] x \begin{bmatrix} 0 & 2 & 2 & -2 \\ 2 & 0 & 2 & -2 \\ 2 & 2 & 0 & -2 \\ -2 & -2 & -2 & 0 \end{bmatrix} = [-6, -6, -6, 6]$

- Aplicamos nuevamente la función de activación (tipo escalón):
 - $F([-6, -6, -6, 6]) = [-1, -1, -1, 1]$
- **Como la salida es igual al patrón de entrada, del paso anterior, entonces se termina el cálculo y se dice que la red convergió al patrón de entrada E_2 , es decir que la red reconoció la entrada del patrón $[-1, -1, -1, -1]$ como si fuese el patrón E_2 $[-1, -1, -1, 1]$ de entrenamiento.**