



# Memoria Asociativa Entrópica para el Procesamiento del Lenguaje Natural

Estudios sobre memoria y lenguaje

Rodrigo S. Cortez Madrigal

Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y Sistemas

Área de Inteligencia Artificial

Posgrado en Ciencias e Ingenierías de la Computación

Ciudad de México, noviembre 2025





# Memoria Asociativa Entrópica para el Procesamiento del Lenguaje Natural

Estudios sobre memoria y lenguaje

**Rodrigo S. Cortez Madrigal**

Student No.

**Supervisor:** Dr. Luis A. Pineda

Full Professor, Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y Sistemas

**Co-supervisor:** Podría ser.. Dra. Wendy Aguilar

Full Professor, Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y Sistemas

Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y Sistemas

Área de Inteligencia Artificial

Posgrado en Ciencias e Ingenierías de la Computación

*Tesis para obtener el grado de Maestro*

Ciudad de México, noviembre 2025



**Memoria Asociativa Entrópica para el Procesamiento del Lenguaje Natural**

Copyright © 2025 - Rodrigo S. Cortez Madrigal, Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y Sistemas.

La presente tesis es un trabajo original, elaborado exclusivamente para este fin, en el que se ha citado debidamente a todos los autores cuyos estudios han contribuido a su elaboración. Se permite su reproducción parcial indicando el autor y haciendo referencia al título, año académico, institución —UNAM— y fecha de la defensa pública.



El presente trabajo hace uso del modelo *IPLeiria-Thesis*.



# Agradecimentos

## Writing Guidance

In the *Acknowledgment* section, express your gratitude to those who helped and supported your work. Start by thanking your advisors, mentors, or supervisors who provided guidance and expertise. Mention any colleagues, classmates, or team members who contributed to discussions or offered assistance. You can also acknowledge specific organisations, institutions, or funding sources that supported your research or work. Lastly, include any personal acknowledgments for family or friends who offered encouragement and moral support during the project. Keep this section sincere, concise, and professional.



# Abstract

## Writing Guidance

In the *Abstract* section, provide a concise summary of your project, highlighting the key points. Begin with a brief statement of the problem or objective, followed by a description of your approach or methodology. Summarise the main results or findings, emphasising their significance or implications. Conclude with a sentence or two on the overall contribution or impact of your work. Keep the abstract clear and focused, ideally within 150-250 words, to give readers a quick understanding of your research and its importance.

**Keywords:** Keyword A, Keyword B, Keyword C.



# Índice general

<i>Índice de figuras</i>	VIII
<i>Índice de cuadros</i>	X
<i>Glosario</i>	XII
<i>Siglas</i>	XIV
<i>Símbolos</i>	XVI
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Memoria</b>	<b>2</b>
2.1. Memoria Natural . . . . .	2
2.1.1. Memoria Declarativa o Explícita . . . . .	2
2.1.2. Memorias No-Declarativas o Implícita . . . . .	2
2.2. Memorias Artificiales . . . . .	2
2.3. Modelos Conexionistas . . . . .	2
<b>3. Memoria Asociativa Entrópica</b>	<b>3</b>
3.1. Representación . . . . .	3
3.2. Operaciones de la Memoria Asociativa Entrópica . . . . .	3
3.2.1. Registro . . . . .	4
3.2.2. Reconocimiento . . . . .	4
3.2.3. Recuperación . . . . .	5
3.3. Propiedades de la Memoria Asociativa Entrópica . . . . .	5
3.4. Evolución de la Memoria Asociativa Entrópica . . . . .	6
3.4.1. RIC . . . . .	6
3.4.2. Memoria Asociativa Entrópica (MAE) . . . . .	8
3.4.3. Memoria Asociativa Entrópica Pesada (WEAM) . . . . .	8
3.5. Entropía . . . . .	9
<b>4. Procesamiento del Lenguaje Natural</b>	<b>10</b>
4.1. ¿Qué es el Procesamiento del Lenaguje Natural? . . . . .	10
4.2. Linguistica Computacional y Semántica . . . . .	10
4.3. Embeddings y ML . . . . .	10
4.4. Del dominio de las imágenes a las secuencias. . . . .	10

4.5. Arquitecturas Recurrentes y Modelos Autoregresivos . . . . .	12
4.6. Transformers . . . . .	12
4.7. ¡¡¡Atención!!! . . . . .	12
<b>5. Modelo Propuesto</b>	<b>13</b>
5.1. Arquitectura . . . . .	13
<b>6. Experimentos y Resultados</b>	<b>14</b>
6.1. Conjunto de Datos . . . . .	14
6.2. Transformer y Arquitectura Utilizada . . . . .	14
6.3. Embeddings Obtenidos . . . . .	14
6.4. Clasificador Entrenado . . . . .	14
6.5. Memorias Recuperadas . . . . .	14
6.6. Sueños . . . . .	14
<b>7. Conclusiones</b>	<b>15</b>
<i>Bibliography</i>	17
<b>Apéndices</b>	
<b>A. Primer Apéndice</b>	<b>21</b>
<b>B. Segundo Apéndice</b>	<b>22</b>
<b>Anexos</b>	
<b>L. Showcasing the First Annex</b>	<b>26</b>



# Índice de figuras

3.1. Niveles de Representación en el Sistema de Memoria Asociativa Entrópica	4
3.2. Ejemplo de una operación de registro . . . . .	4
3.3. Ejemplo de una operación de reconocimiento . . . . .	5
3.4. Ejemplo de una operación de recuperación . . . . .	5
4.1. Embeddings . . . . .	11
4.2. Línea de Tiempo de Modelos Generativos . . . . .	11



# Índice de cuadros

3.1. Comparación entre EAM/W-EAM y las redes neuronales artificiales (ANN) y modelos relacionados . . . . .	7
--	---



# Glosario

**Cue** La indicación de la existencia, el enfoque o la naturaleza de algo. (*p. 3, 4, 9*)



# Siglas

**AMR**      Associative Memory Register. (*p. 3–5, 8*)

**MAE**      Memoria Asociativa Entrópica. (*p. v, 3, 8*)

**PLN**      Procesamiento del Lenguaje Natural. (*p. 10, 12*)

**RIC**      Relational-Indeterminate Computing. (*p. v, 6, 8*)

**WEAM**      Memoria Asociativa Entrópica Pesada. (*p. v, 8, 9*)



# Símbolos

$\beta$  Operación de Recuperación. (p. 5, 9)

$\eta$  Operación de Reconocimiento. (p. 4, 8)

$\lambda$  Operación de Registro. (p. 4, 8)



# 1

## Introducción

La dernière chose qu'on trouve en faisant un ouvrage est de savoir celle qu'il faut mettre la première. - Pascal

# 2

## Memoria

### 2.1. Memoria Natural

Las memorias naturales son asociativas y distribuidas y la recuperación de memorias siempre es un proceso de reconstrucción. Existen distintos tipos de memorias

#### 2.1.1. Memoria Declarativa o Explícita

Memoria Semántica

Memoria Episódica

#### 2.1.2. Memorias No-Declarativas o Implícita

Memoria de Trabajo

### 2.2. Memorias Artificiales

### 2.3. Modelos Conexionistas

# 3 MAE

La Memoria Asociativa Entrópica es un modelo de memoria computacional que es declarativa y distribuida que en contraste a los modelos de memoria conexionistas, utiliza una tabla de funciones para representar trazas de memoria y almacenar información de manera indeterminada.

## 3.1. Representación

En la **MAE** los objetos son representados como funciones y son almacenados en una tabla en  $R^2$  que llamaremos Associative Memory Register (**AMR**).

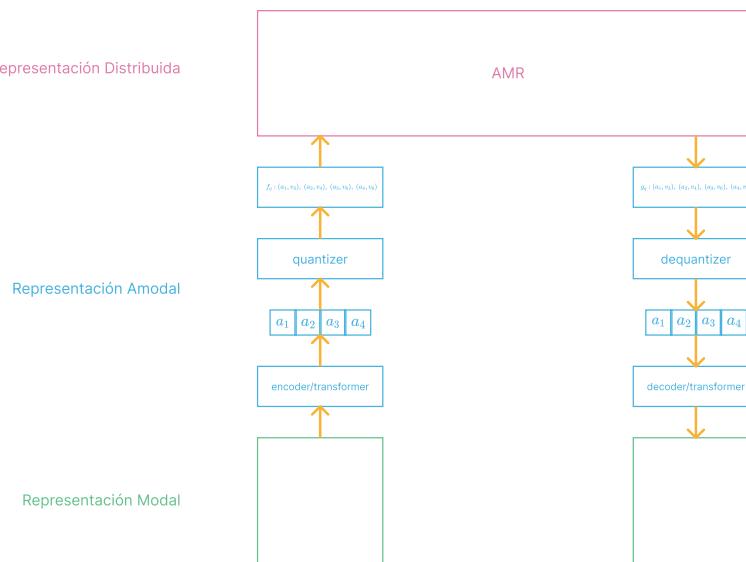
Las columnas de la tabla representan las características de los *embeddings* y las filas el dominio de la **MAE**, por lo tanto el tamaño de la tabla es de  $N \times M$  donde  $N$  la dimensión latente de los *embeddings* y  $M$  el dominio de la memoria.

Cada objeto se almacena marcando una celda de cada columna en la **AMR** y puede considerarse como un trazo de memoria. Estas funciones que se almacenan y ademas son las entradas y salidas de las operaciones de la **MAE**, constituyen representaciones amodales del los objetos concretos y de una modalidad específica (como las imágenes del artículo Pineda et al., 2023 o el texto propuesto en esta tesis) a partir de los *embeddings* mapeados a través de autoencoders o transformers.

El sistema de memoria, incluye entonces distintos niveles de representaciones. El primer nivel en el que existen los objetos concretos de una modalidad, el segundo un *embedding* en un espacio vectorial específico, el tercero en el que el objeto se representa abstracta y amodalmente en funciones discretas y por último la representación distribuida en la **AMR**.

## 3.2. Operaciones de la Memoria Asociativa Entrópica

Las operaciones dentro de la **MAE** se definen en función de una pista (**Cue**) y utilizan una tabla de registro auxiliar del mismo tamaño que la **AMR** para efectuarse. A continuación revisaremos como se utiliza en cada una de las operaciones.



**Figura 3.1:** Niveles de Representación en el Sistema de Memoria Asociativa Entrópica

### 3.2.1. Registro

La operación de registro denotada  $\lambda$ -register se define como la disyunción lógica Pineda et al., 2021 o la suma Pineda et al., 2022 celda a celda entre la pista en la tabla de registro auxiliar y la **AMR** (Ver 3.2).



**Figura 3.2:** Ejemplo de una operación de registro

### 3.2.2. Reconocimiento

La operación de reconocimiento denotada  $\eta$ -recognition se define a través de la implicación lógica material celda a celda. Una **Cue** en la tabla auxiliar es reconocida si la implicación lógica es verdadera respecto a la **AMR**. En otras palabras, si la implicación es verdadera, entonces la pista está incluida en la memoria **AMR**.



Figura 3.3: Ejemplo de una operación de reconocimiento

### 3.2.3. Recuperación

La operación de recuperación denotada  $\beta$ -recall selecciona una fila de la **AMR** que corresponde al valor del objeto recuperado, para todas las celdas utilizadas por la pista.

Para esta operación cada columna de la tabla auxiliar se considera una distribución normal centrada en la celda entrante con una desviación estándar  $\sigma$  definida como parámetro de la operación. Los valores son recuperados de la memoria a partir del producto columna a columna de la tabla auxiliar con la **AMR** cuyas columnas son también correspondientemente una distribución de probabilidad.



Figura 3.4: Ejemplo de una operación de recuperación

## 3.3. Propiedades de la Memoria Asociativa Entrópica

1. Asociativa
2. Distribuida
3. Declarativa
4. Abstractiva
5. Productiva

- 
- 6. Determinada
  - 7. Entrópica
  - 8. Constructiva
  - 9. Capacidad

### 3.4. Evolución de la Memoria Asociativa Entrópica

El primer modelo de Memoria Asociativa Entrópica fue propuesta por el Dr. Pineda et al., 2021 a partir de sus ideas sobre un nuevo tipo de computación a la que llamó Computación Relacional Indeterminada (**RIC**). En este modo de computación, el objeto básico es la relación matemática, es decir un objeto en el dominio que tiene varios objetos asociados en el codominio Pineda, 2020.

#### 3.4.1. RIC

**Definición Formal** Sea la relación  $r : A \rightarrow V$ , donde  $A$  y  $V$  son dos conjuntos  $A = \{a_1, \dots, a_n\}$  and  $V = \{v_1, \dots, v_m\}$ , con cardinalidades  $n$  and  $m$ . que representan el dominio y codominio respectivamente. Pineda, 2020 llama a los objetos del dominio argumentos, a los del codominio valores y define cualquier relación  $r$  como una función  $R : A \times V \rightarrow \{0, 1\}$  que indica si un par  $(a, v)$  pertenece ( $R(a_i, v_j) = 1$ ) o no pertenece ( $R(a_i, v_j) = 0$ ) a una relación entre los conjuntos  $A$  y  $V$ . Por ejemplo, si  $A = \{1, 2, 3\}$  y  $V = \{a, b\}$ , podemos definir  $R(1, a) = 1, R(2, a) = 0, R(3, b) = 1$ , lo que equivale a decir que la relación  $R$  contiene los pares  $R = \{(1, a), (3, b)\}$ .

Del mismo modo que  $f(a_i) = v_j$  se interpreta como que el valor de la función  $f$  para el argumento  $a_i$  es  $v_j$ ,  $r(a_i) = v_j$  indica que el valor de la relación  $r$  para el argumento  $a_i$  es un objeto  $v_j$  seleccionado aleatoriamente (dada una distribución adecuada) entre los valores para los que  $R(a_i, v_j)$  es verdadero Pineda, 2020. En otras palabras, evaluar una relación  $r$  se interpreta como seleccionar aleatoriamente uno de los valores asociados al argumento dado.

**Operaciones RIC** El Dr. Pineda, 2020 define entonces tres operaciones básicas: abstracción, contención y reducción. Sea  $r_f$  y  $r_a$  dos relaciones arbitrarias de  $A \rightarrow V$ , y  $f_a$  una función con el mismo dominio y codominio.

- Abstracción: es una operación de construcción que produce la unión de dos relaciones y cualquier relación puede ser el argumento de esta operación. A la vez, cada relación se forma incrementalmente a partir de la operación de abstracción.  
 $\lambda(r_f, r_a) = q$ , tal que  $Q(a_i, v_j) = R_f(a_i, v_j) \vee R_a(a_i, v_j), \quad \forall a_i \in A, \forall v_j \in V$  o sea  
 $\lambda(r_f, r_a) = r_f \cup r_a$ .
- Contención: La operación verifica si todos los valores asociados a un argumento  $a_i$  en  $r_a$  están asociados al mismo argumento en  $r_f$  para todos los argumentos,

**Cuadro 3.1:** Comparación entre EAM/W-EAM y las redes neuronales artificiales (ANN) y modelos relacionados

Propiedad	EAM y W-EAM	ANN y modelos relacionados
<b>Formato representacional</b>	Declarativo pero distribuido, de modo que la relación entre las celdas en las AMR y los contenidos de la memoria es muchos a muchos	Sub-simbólico, embebido en matrices numéricas
<b>Operaciones de memoria</b>	Manipulaciones declarativas sobre las celdas y columnas de las AMR	Operaciones de suma y multiplicación de matrices
<b>Productividad de la representación</b>	Emergencia de objetos del conjunto $F_p$	La memoria está orientada a almacenar y comparar patrones; no existe productividad
<b>Registro de memoria</b>	Produce la abstracción de la clave de entrada junto con el contenido de la memoria	Actualiza una matriz numérica de pesos
<b>Reconocimiento de memoria</b>	Verifica la inclusión de la clave en la memoria mediante la implicación material lógica	Realiza una búsqueda numérica hasta que la clave y el producto de una operación matricial convergen
<b>Recuperación de memoria</b>	Operación constructiva que produce objetos nuevos a partir de una clave completa o parcial y del contenido de la memoria	Operación reproductiva o fotográfica que reproduce un objeto previamente almacenado a partir de una clave completa o parcial
<b>Demarcación entre auto y heteroasociatividad</b>	Débil	Fuerte
<b>Rechazo de claves no contenidas en la memoria</b>	Directo, sin búsqueda	Rechazo por fallo en la búsqueda, implementando una forma del supuesto de mundo cerrado
<b>Paralelismo</b>	Manipulaciones paralelas directas de celdas y columnas	Cálculo paralelo de operaciones matriciales
<b>Parámetro funcional principal</b>	Entropía – no se utiliza una función de energía	Función de energía – la entropía no tiene un papel funcional
<b>Capacidad y uso de la memoria</b>	Función de la entropía	Depende del número de mínimos locales de la función de energía
<b>Demanda de recursos de memoria y procesamiento</b>	Baja	Alta

de modo que  $r_a \subseteq r_f$ . La relación de contención es falsa solo en el caso de que  $R_a(a_i, v_j) = 1$  y  $R_f(a_i, v_j) = 0$ , o si  $R_a(a_i, v_j) > R_f(a_i, v_j)$ , para al menos un  $(a_i, v_j)$ .

$$\eta(r_a, r_f) = \begin{cases} \text{verdadero} & \text{si } R_a(a_i, v_j) \rightarrow R_f(a_i, v_j), \forall a_i \in A, v_j \in V \\ \text{falso} & \text{en otro caso} \end{cases}$$

O sea, la implicación material.

- Reducción  $\beta(f_a, r_f) = f_v$  tal que si  $\eta(f_a, r_f)$  es verdadero, entonces  $f_v(a_i) = r_f(a_i)$ ,  $\forall a_i$  donde la distribución aleatoria está centrada alrededor de  $f_a$ .

Llamamos funciones constituyentes (*constituent functions*) al conjunto de funciones que están contenidas en una relación. Son las posibles combinaciones al tomar un valor entre aquellos asignados a un argumento por la relación a cada argumento. Entonces, la construcción consiste entonces en formar una función tomando un valor correspondiente a una celda marcada de cada columna, para todos los valores y para todas las columnas. Este conjunto resultante puede ser más grande que los usados inicialmente.

La idea central de la indeterminación en este modo de computación tiene que ver precisamente con la operación de reducción, donde si la función argumento  $f_a$  está contenida en la relación  $r_f$ , la operación genera una nueva función tal que su valor para cada uno de sus argumentos se selecciona de entre los valores de la relación  $r_f$  para el mismo argumento. En esta selección,  $f_a$  es la pista para otra función recuperada de  $r_f$ , de modo que  $v_j$  se selecciona de  $v_j \mid (a_i, v_j) \in R_f$  utilizando una función de distribución aleatoria adecuada centrada en  $f_a(a_i)$ .

Las relaciones tienen entonces una entropía asociada, que se define aquí como la indeterminación promedio de la relación  $r$ .

### 3.4.2. MAE

Las ideas propuestas sobre la **RIC** y el *Table Computing*, convergieron en la primera versión de la **MAE**, donde se utilizaron tablas con valores booleanos y operaciones inspiradas en las que anteriormente revisamos. Podemos observar que las operaciones de  $\lambda$ -register y  $\eta$ -recognition estaban definidas de igual manera, directamente con las operaciones lógicas de disyunción e implicación material entre la tabla auxiliar y la **AMR**.

### 3.4.3. WEAM

En *Weighted entropic associative memory and phonetic learning*, Pineda et al., 2022 extiende la idea de la tabla **AMR** booleana a una pesada (entera). Ahora las operaciones deben modificarse para funcionar de acuerdo a esta nueva **AMR**.

La operación Memory Register:  $(r_f, r_a) = q$  tal que  $Q(a_i, v_j) = R_f(a_i, v_j) \oplus R_a(a_i, v_j)$  para todo  $a_i \in A, v_j \in V$  es decir  $(r_f, r_a) = r_f \oplus r_a$ .

### 3.5. Entropía

Gracias a la naturaleza distribuida de este sistema de memoria, la operación  $\beta$ -recall permite el surgimiento de nuevas funciones (trazas de memoria) a partir de las combinaciones de las celdas entrantes de cada columna. En el modelo original, aquellas con valores booleanos verdaderos y en la WEAM aquellas con valores  $\geq 1$ .

Los objetos recuperados a partir de las combinaciones de las celdas de cada columna, son objetos que no necesariamente estaban registrados en la memoria, pero que sí están relacionados (propiedad asociativa) con la *Cue* utilizada para la recuperación. Esta operación permite que emergan nuevos objetos con el potencial de representar objetos relacionados a la pista original.

¿Pero cómo podríamos entonces recuperar y reconocer las funciones originalmente almacenados en la memoria de estos nuevos objetos? No podemos, porque la representación emergente es indeterminada. Entonces, ¿Cómo medimos esta indeterminación?

Consideraremos que cada relación tiene una entropía asociada.

$$e(r) = -\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log_2(v_i)$$

# 4

## Procesamiento del Lenguaje Natural

### 4.1. ¿Qué es el Procesamiento del Lenaguje Natural?

El **PLN** es una subrama de la Inteligencia Artificial que busca que las computadoras puedan reconocen, comprendan y generen texto y voz similar al lenguaje humano a través de distintos enfoques. Para lograr algo tan complejo como lo es trabajar con el lenguaje, comúmnente se ha dividido el problema en tareas como el Reconocimiento de entidades nombradas (NER), el Etiquetado de partes de la oración (POS) y la Desambiguación del sentido de las palabras. Tareas que se han tratado de llevar a cabo utilizando distintas técnicas como la lingüística computacional (el modelado basado en reglas del lenguaje humano), el modelado estadístico, el machine learning y el aprendizaje profundo.

### 4.2. Linguistica Computacional y Semántica

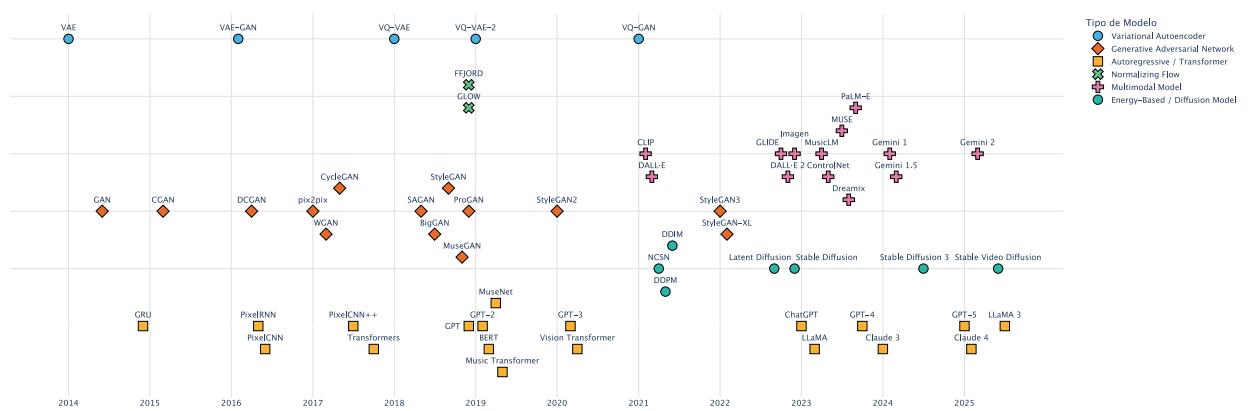
### 4.3. Embeddings y ML

### 4.4. Del dominio de las imágenes a las secuencias.

En los primeros modelos generativos presentados, el trabajo se concertaba principalmente en modelos capaces de trabajar en el dominio de las imágenes, arreglos bi-dimensionales en el que cada píxel representa un valor entero. Ahora nos preguntamos ¿Cómo representamos otro tipo de dominios como la música, el texto o incluso el cine? ¿Cómo son distintas a una imagen? Cuando escribimos un texto, comenzamos con una palabra y enseguida vamos añadiendo una tras otra hasta terminar. No obstante, cada que elegimos una palabra no es al azar, sino que depende de las anteriores incluso con relaciones de distintos niveles y naturaleza entre cada una de las palabras.

**Figura 4.1: Embeddings**

Línea del Tiempo de Modelos de Redes Neuronales Generativas (2014-2025)

**Figura 4.2: Línea de Tiempo de Modelos Generativos**

Esto lo podemos modelar como una secuencia, que es un conjunto discretos y ordenados de elementos en donde el orden posicional o temporal es más importante que el espacial. Un caso conocido es el de las series de tiempo, en donde los datos aparecen secuencialmente sobre el tiempo y que su predicción exigen modelos capaces de capturar estas dependencias secuenciales y temporales en las que cada elemento depende de los anteriores.

## 4.5. Arquitecturas Recurrentes y Modelos Autoregresivos

Los primeros modelos de redes neuronales para esta tarea fueron los modelos con Arquitecturas Recurrentes (RNN) como las LSTMs.

## 4.6. Transformers

Uno de los cambios mas grandes en la disciplina del **PLN** ha sido probablemente el de los *Transformers*. Esta arquitectura de redes neuronales se popularizó en el artículo [Vaswani et al., 2023](#) publicado originalmente en 2017 por investigadores de *Google Research* y rápidamente cambió la manera en la que se hacía **PLN**. Los *Transformers* revolucionaron tareas como la clasificación de textos, el resumen automático, la traducción, la respuesta a preguntas, los chatbots y la comprensión del lenguaje natural (NLU) [Tunstall et al., 2022](#).

## 4.7. ¡¡¡Atención!!!

[Vaswani et al., 2023](#)

# 5

## Modelo Propuesto

### 5.1. Arquitectura

# 6

## Experimentos y Resultados

- 6.1. Conjunto de Datos**
- 6.2. Transformer y Arquitectura Utilizada**
- 6.3. Embeddings Obtenidos**
- 6.4. Clasificador Entrenado**
- 6.5. Memorias Recuperadas**
- 6.6. Sueños**

# 7

## Conclusiones



# Bibliography

Pineda, Luis A. (sep. de 2020). *Entropy, Computing and Rationality*. en. arXiv:2009.10224 [cs]. doi: [10.48550/arXiv.2009.10224](https://doi.org/10.48550/arXiv.2009.10224). URL: <http://arxiv.org/abs/2009.10224> (visitado 2025-11-04).

Pineda, Luis A., Gibrán Fuentes y Rafael Morales (mar. de 2021). «An entropic associative memory». en. En: *Scientific Reports* 11.1, pág. 6948. issn: 2045-2322. doi: [10.1038/s41598-021-86270-7](https://doi.org/10.1038/s41598-021-86270-7). URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-86270-7> (visitado 2025-02-20).

Pineda, Luis A. y Rafael Morales (oct. de 2022). «Weighted entropic associative memory and phonetic learning». en. En: *Scientific Reports* 12.1, pág. 16703. issn: 2045-2322. doi: [10.1038/s41598-022-20798-0](https://doi.org/10.1038/s41598-022-20798-0). URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-20798-0> (visitado 2025-02-27).

Pineda, Luis A. y Rafael Morales (jun. de 2023). «Imagery in the entropic associative memory». en. En: *Scientific Reports* 13.1, pág. 9553. issn: 2045-2322. doi: [10.1038/s41598-023-36761-6](https://doi.org/10.1038/s41598-023-36761-6). URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-36761-6> (visitado 2025-02-27).

Tunstall, Lewis, Leandro van Werra y Thomas Wolf (2022). *Natural language processing with transformers: building language applications with Hugging Face*. eng. Revised edition. OCLC: 1395782862. Sebastopol, California: O'Reilly Media, Inc. isbn: 978-1-0981-3678-9.

Vaswani, Ashish et al. (ago. de 2023). *Attention Is All You Need*. en. arXiv:1706.03762 [cs]. doi: [10.48550/arXiv.1706.03762](https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.03762). URL: <http://arxiv.org/abs/1706.03762> (visitado 2025-08-22).



## Apéndices



# A

## Primer Apéndice

### Writing Guidance

Appendices contain supplementary material **created by the author** that enhances the reader's understanding of the dissertation while not being essential for following the primary narrative. These sections often include detailed tables, figures, complex calculations, or materials like survey questions and interview transcripts produced in the course of the research. The appendices allow readers to explore the research in greater detail, offering a deeper insight into methods and findings without interrupting the main body of work.

# B

## Segundo Apéndice

  Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.



## Anexos



# L

## Showcasing the First Annex

### Writing Guidance

Annexes are supplementary sections in a dissertation that provide additional information or external documents not essential to the main arguments but that support or complement the research. Unlike appendices, **annexes generally contain material that was not developed by the author**, such as reports, legal documents, or published datasets from external sources. This information is placed separately to keep the main content concise, allowing readers access to relevant external references without disrupting the dissertation's flow.



