

INSTITUTO TECNOLÓGICO AUTÓNOMO DE MÉXICO

---



POR DEFINIR

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
Maestro en Ciencias en Computación

PRESENTA

Aarón Christian Sánchez Padilla

ASESOR

Dr. José Octavio Gutierrez García

MÉXICO, D.F.

2016

”Con fundamento en los artículos 21 y 27 de la Ley Federal de Derecho de Autor y como titular de los derechos moral y patrimonial de la obra titulada “**POR DEFINIR**”, otorgo de manera gratuita y permanente al Instituto Tecnológico Autónomo de México y a la biblioteca Raúl Baillères Jr., autorización para que fijen la obra en cualquier medio, incluido el electrónico, y la divulguen entre sus usuarios, profesores, estudiantes o terceras personas, sin que pueda percibir por tal divulgación una prestación”

Aarón Christian Sánchez Padilla

---

Fecha

---

Firma

## **Resumen**

Este documento presenta una plantilla para usar en las tesis y tesinas del ITAM.  
Se provee de manera gratuita y sin ninguna responsabilidad bajo la licencia  
*creative commons BY-SA 3.0*.

## **Abstract**

In this work we present a template for thesis and titulation works presented at ITAM. It is provided freely and without any responsability underdededsdsdddss the *creative commons BY-SA 3.0*.

# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes . . . . .	1
1.2. Objetivos . . . . .	4
1.3. Alcance . . . . .	4
1.4. Justificación . . . . .	5
1.5. Metodología . . . . .	5
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>6</b>
2.1. Inteligencia Artificial . . . . .	6
2.2. Cómputo Cognitivo . . . . .	7
2.3. Arquitecturas de Computadoras . . . . .	7
2.4. Arquitecturas Cognitivas . . . . .	7
2.5. Redes Bayesianas . . . . .	7
2.6. Modelos de Markov Ocultos . . . . .	7
2.7. Grafos de Factor . . . . .	7
<b>Bibliografía</b>	<b>8</b>

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Antecedentes

El Cómputo Cognitivo es un nuevo paradigma de la computación. Esta disciplina tiene como objetivo el desarrollar un mecanismo coherente inspirado en las capacidades de la mente humana. Se busca implementar una teoría universal unificada de la mente humana. De esta forma, al querer estudiar la mente, se ve implicada la participación de la Neurociencia. El campo de la Computación Cognitiva lleva los conceptos de la computación a un nivel completamente nuevo [9].

Uno de los temas más relacionados con este nuevo paradigma es descubrir de qué forma ocurren los procesos cognitivos en los seres humanos. Este no es un problema trivial ya que incluso hoy en día se cuentan con diferentes teorías. Este problema se extiende al Cómputo Cognitivo, pues históricamente, diferentes campos han contado con diversos enfoques para estudiar el tema.

Por el lado de la Inteligencia Artificial, como rama de las Ciencias Cognitivas, cuenta con un enfoque a nivel de un sistema computacional. Esto significa que los avances de estudiar el Cómputo Cognitivo, por una parte, estarán dirigidos a obtener nuevos sistemas de aprendizaje, arquitecturas de computadoras diferentes a las tradicionales (tómese por ejemplo las arquitecturas Von Neuman), sistemas capaces de analizar y sintetizar grandes cantidades de datos no

## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

estructurados, por mencionar algunos ejemplos.

Hoy en día, una de las principales empresas interesadas en el desarrollo de esta nueva ciencia, es IBM. Esta empresa es famosa por crear una computadora con la capacidad de ganarle a cualquier ser humano en un juego televisivo llamado “Jeopardy”. Esta computadora fue llamada “Watson”. En este juego se demostró la capacidad de IBM de construir computadoras poderosas con capacidades sorprendentes.

Ahora, IBM busca imitar las capacidades del cerebro ya que este es capaz de integrar procesamiento y memoria en un solo lugar, pesa menos de tres libras, ocupa un volumen de aproximadamente dos litros y utiliza menos energía que una bombilla de luz. De acuerdo con IBM, el cerebro es un sistema de aprendizaje capaz de ser modificado y tolerante a fallas, además de ser extremadamente eficiente al momento de reconocer patrones.

La Computación Cognitiva hace referencia a un sistema con la capacidad de aprender a escala, razonar con propósito e interactuar con humanos de forma natural. En lugar de estar estrictamente programadas, los sistemas cognitivos aprenden y razonan de sus interacciones. Con base en modelos probabilísticos, estos sistemas cuentan con la habilidad de generar hipótesis, argumentos racionales y recomendaciones con base en una gran cantidad de datos no estructurados [1].

Como se mencionó anteriormente, IBM presentó al mundo en Febrero del 2011 a “Watson”, actualmente es considerado como el primer sistema cognitivo y fue capaz de vencer a dos de los mejores jugadores de “Jeopardy” del mundo. Esta fue la primera demostración de lo que son capaces los sistemas cognitivos. De acuerdo con IBM, el nivel de éxito de los sistemas cognitivos ya no será medido con base en la prueba de Turing o la capacidad de la computadora de imitar capacidades humanas, sino por de manera más práctica: oportunidades en nuevos mercados, retorno de la inversión, vidas salvadas [1].

Debido al gran crecimiento y beneficios que presentan los sistemas cognitivos, la necesidad de su implementación y divulgación se hace por medio de arquitecturas cognitivas. Una arquitectura cognitiva especifica la infraestructura en la cual se construye un sistema inteligente. En general, una arquitectura involucra ciertos elementos necesarios para la construcción de agentes cognitivos, como lo

## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

son: una arquitectura de almacenamiento (análogo a las memorias de largo y corto plazo de la mente humana) en donde se almacenan las creencias, metas y conocimientos del agente; una representación de los elementos contenidos en la memoria, es decir, una representación del conocimiento y su organización; por último, una descripción de su proceso funcional (la forma en que adquiere conocimiento) que opera en las estructuras antes mencionadas [7]. Sin embargo, cabe aclarar que análogo a una computadora, el conocimiento y las creencias de un agente cognitivo no se consideran como embebidas en la arquitectura. Así como diferentes programas de software pueden ser ejecutados en una misma computadora, distintas creencias y conocimiento pueden ser interpretados por una misma arquitectura.

Por otro lado, a diferencia de los sistemas expertos, una arquitectura se enfoca en ampliar el conocimiento que pueda adquirir por medio de diversas tareas y entornos; los sistemas expertos cuentan con un comportamiento que busca desarrollar un nivel de maestría en contextos reducidos y bien definidos.

Para ejemplificar los avances realizados en el desarrollo de arquitecturas cognitivas, se pueden mencionar diferentes marcos de trabajo los cuales comparten las características antes mencionadas. La principal razón por la cual se mencionan estos trabajos se debe a su popularidad. En primer lugar, como se ha mencionado anteriormente “Watson” de IBM es uno de los primeros sistemas cognitivos y ha planteado el camino a seguir para las investigaciones futuras hoy en día ya se cuenta con un marco de trabajo que permite aprovechar las herramientas de “Watson” para sistemas expertos. En segundo lugar *ACT-R* [2] es de las arquitecturas cognitivas más recientes y se enfoca principalmente en el modelado del comportamiento humano. En tercer lugar, *Soar* [6] es una de las arquitecturas más importantes y populares debido a su enfoque, el cual consiste en que todas las tareas son formuladas como metas que, a su vez, estas metas se organizan de forma jerárquica. En cuarto lugar, *ICARUS* [8] se distingue debido a que almacena dos tipos distintos de conocimiento: conceptos, que describen clases de situaciones ambientales y habilidades que especifican cómo cumplir con las metas establecidas. Por último, *PRODIGY* [4] que utiliza reglas de dominio y reglas de control para representar el conocimiento.



## 1.2. Objetivos

Esta tesis se enfoca en el desarrollo de las arquitecturas cognitivas, particularmente, en el marco de trabajo *SOAR*, el cual es capaz de: trabajar sobre una gran variedad de diversas tareas; utiliza métodos de resolución de problemas y aprende de cada tarea realizada y analiza su propio desempeño. Gracias a que *SOAR* es de libre código, esta tesis implementa grafos de factor como herramienta para lograr una implementación unificada y al mismo tiempo contar con una gran diversidad al nivel de la arquitectura, es decir, que esta sea capaz de realizar un gran número de actividades y desempeñar distintas tareas.

Adicionalmente, con base en el trabajo realizado por Roosenbloom se demuestra los beneficios que ofrece la implementación de grafos de factor en comparación con otros métodos de resolución de problemas. Debido a que los grafos de factor integran razonamiento simbólico y probabilístico, lo que genera un razonamiento más general bajo incertidumbre, permiten uniformidad a nivel de la implementación en arquitecturas cognitivas como *SOAR*[10].

Por último, la intención es contribuir en el desarrollo de las arquitecturas cognitivas, ya que representan una gran y novedosa herramienta [8] con capacidades de resolución de problemas a un nuevo nivel computacional.

## 1.3. Alcance

Debido a la gran complejidad que representa la implementación de una arquitectura cognitiva, este trabajo se limita a aumentar la capacidad de un solo marco de trabajo, en particular, la arquitectura *SOAR*. Partiendo del artículo de Roosenbloom, esta tesis implementa los grafos de factor para demostrar que representan una herramienta útil en este tipo de arquitecturas.

Por otro lado, al tratarse de un marco de trabajo, la validación de la implementación consiste en medir el desempeño del sistema al realizar diferentes tareas de resolución de problemas que, con anterioridad, *SOAR* es capaz de desempeñar y este trabajo analiza la mejora o deterioro de la implementación.

## 1.4. Justificación

La investigación y desarrollo de las arquitecturas cognitivas es importante pues ayuda a fundamentar el objetivo central de la Inteligencia Artificial y las Ciencias Cognitivas. El objetivo es la creación y entendimiento de agentes sintéticos que tengan las mismas capacidades cognitivas de los humanos.

Sin embargo, aunque los campos de estudio entre la Psicología y la Inteligencia Artificial se han distanciado en los últimos veinte años, la investigación dentro de este paradigma cognitivo, permitirá ahondar en el entendimiento del funcionamiento y naturaleza de la mente humana. De la misma forma, se puede reconstruir las relaciones que se han perdido con la psicología y sustentarlas con principios neurológicos para la creación de nuevas teorías de aprendizaje y modelos de representación del conocimiento.

No solo por beneficiar a las teorías de aprendizaje se justifica el estudio en arquitecturas cognitivas, también es importante resaltar que la complejidad de los procesos cognitivos en el ser humano son dignas de estudio al ser un paradigma que representa grandes retos y oportunidades de desarrollo [?] .

Adicionalmente, la creación de arquitecturas cognitivas como fundamentos para sistemas más complejos implica una mayor capacidad de creación de agentes inteligentes capaces de resolver problemas de manera eficiente, lo cual beneficia a la humanidad como una herramienta más de procesamiento y desarrollo tecnológico.

Por último, las arquitecturas cognitivas conforman una “oposición.<sup>a</sup> los sistemas expertos, ya que estas arquitecturas amplían su dominio del conocimiento con base en procesos funcionales que modifican su propio conocimiento, creencias y objetivos por medio de mecanismos de aprendizaje que dependen, en su mayoría de situaciones ambientales.

## 1.5. Metodología

## Capítulo 2

# Marco Teórico

### 2.1. Inteligencia Artificial

La Inteligencia Artificial (IA) como disciplina formal ha sido estudiada por más de 50 años. En sus principios, uno de los principales objetivos de esta disciplina era determinar si una computadora era capaz de “pensar”, esta pregunta es igualmente abordada por Alan Turing[12] en su obra *Computing Machinery and Intelligence*. La Inteligencia Artificial de manera simple puede ser definida como: el estudio de procesos mentales o intelectuales en términos de procesos computacionales [11]. Sin embargo, esta definición varía dentro de la literatura [5, 3, 13].

Como se puede apreciar, la Inteligencia Artificial tiene una relación intrínseca con la Psicología, las Ciencias Cognitivas y, a su vez, con las Ciencias en Computación. Sin embargo, la Inteligencia Artificial no es Psicología, la distinción recae en que una de las mayores preocupaciones de la Inteligencia Artificial es comprender de qué manera es posible otorgarle a las computadoras una capacidad tan sofisticada como lo es actuar de forma “inteligente”.

**2.2. Cómputo Cognitivo**

**2.3. Arquitecturas de Computadoras**

**2.4. Arquitecturas Cognitivas**

**2.5. Redes Bayesianas**

**2.6. Modelos de Markov Ocultos**

**2.7. Grafos de Factor**

# Bibliografía

- [1] [www.research.ibm.com/software/ibmresearch/multimedia/computing\\_cognition\\_whitepaper.pdf](http://www.research.ibm.com/software/ibmresearch/multimedia/computing_cognition_whitepaper.pdf).  
[http://www.research.ibm.com/software/IBMResearch/multimedia/Computing\\_Cognition\\_WhitePaper.pdf](http://www.research.ibm.com/software/IBMResearch/multimedia/Computing_Cognition_WhitePaper.pdf). (Visited on 10/27/2015).
- [2] John R Anderson, Michael Matessa, and Christian Lebiere. Act-r: A theory of higher level cognition and its relation to visual attention. *Human-Computer Interaction*, 12(4):439–462, 1997.
- [3] Richard Bellman. *An introduction to artificial intelligence: Can computers think?* Boyd & Fraser Publishing Company, 1978.
- [4] Jaime Carbonell, Oren Etzioni, Yolanda Gil, Robert Joseph, Craig Knoblock, Steve Minton, and Manuela Veloso. Prodigy: An integrated architecture for planning and learning. *ACM SIGART Bulletin*, 2(4):51–55, 1991.
- [5] John Haugeland. *La inteligencia artificial*. Siglo XXI, 1988.
- [6] John E. Laird, Allen Newell, and Paul S. Rosenbloom. Soar: An architecture for general intelligence. *Artificial Intelligence*, 33(1):1 – 64, 1987.
- [7] Pat Langley, John E Laird, and Seth Rogers. Cognitive architectures: Research issues and challenges. *Cognitive Systems Research*, 10(2):141–160, 2009.
- [8] Pat Langley, Kathleen B McKusick, John A Allen, Wayne F Iba, and Kevin Thompson. A design for the icarus architecture. *ACM SIGART Bulletin*, 2(4):104–109, 1991.

## BIBLIOGRAFÍA

- [9] Dharmendra S. Modha, Rajagopal Ananthanarayanan, Steven K. Esser, Anthony Ndirango, Anthony J. Sherbondy, and Raghavendra Singh. Cognitive computing. *Commun. ACM*, 54(8):62–71, August 2011.
- [10] Paul S Rosenbloom. Towards a new cognitive hourglass: Uniform implementation of cognitive architecture via factor graphs. In *Proceedings of the 9th international conference on cognitive modeling*, 2009.
- [11] Stuart Russell and Peter Norvig. Artificial intelligence: a modern approach. 1995.
- [12] Alan M Turing. Computing machinery and intelligence. *Mind*, pages 433–460, 1950.
- [13] P Winston. Learning by building identification trees. *Artificial intelligence*, pages 423–442, 1992.