



# INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Guía de trabajo

**Héctor Anibal  
Tabares Ospina**



Fondo Editorial ITM, registrado en COLCIENCIAS Res. 01599 de 2012

# INTELIGENCIA ARTIFICIAL

# INTELIGENCIA ARTIFICIAL

HÉCTOR ANÍBAL TABARES OSPINA



Tabares Ospina, Héctor A.

Inteligencia artificial / Héctor A. Tabares Ospina -- 1a ed. -- Medellín: Fondo Editorial ITM, 2012.

200 p. -- (Colección Textos académicos)

ISBN 978-958-8743-17-2

1. Inteligencia artificial 2. Sistemas expertos (Computadores) 3. Redes neuronales  
4. Algoritmos genéticos 5. Lógica borrosa I. Título (serie)

006.3 SCDD Ed.21

Catalogación en la publicación - Biblioteca ITM

Serie Textos Académicos

Fondo Editorial ITM

Inteligencia artificial. Guía de trabajo

© HÉCTOR ANÍBAL TABARES OSPINA

© FONDO EDITORIAL ITM

1a. edición: diciembre de 2012

ISBN: 978-958-8743-17-2

Hechos todos los depósitos legales

Rectora

LUZ MARIELA SORZA ZAPATA

Editora

SILVIA INÉS JIMÉNEZ GÓMEZ

Comité Editorial

OLGA MARÍA RODRÍGUEZ BOLUFÉ, PhD., México

JOSÉ R. GALO SÁNCHEZ, PhD., España

LILIANA SAIDON, PhD., Argentina

MONSERRAT VALLVERDÚ FERRER, PhD., España

GIANNI PEZZOTI, PhD., Italia

Corrección de Estilo

LILA MARÍA CORTÉS FONNEGRA

Secretaria Técnica

LINA YANET ÁLVAREZ ESTRADA

Diagramación

LITOGRAFÍA DINÁMICA

ALFONSO TOBÓN

Diseño de carátula

ALFONSO TOBÓN

Impresión

LITOGRAFÍA DINÁMICA

Hecho en Medellín, Colombia

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Calle 73 No. 76A 354

Tel.: 440 5289 • 4405197

<http://fondoeditorial.itm.edu.co/>

[www.itm.edu.co](http://www.itm.edu.co)

Medellín – Colombia

Las opiniones, originales y citas del texto son de la responsabilidad de los autores.  
El Instituto salva cualquier obligación derivada del libro que se publica. Por lo tanto,  
ella recaerá única y exclusivamente sobre los autores.

# ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos.....	XI
Introducción .....	XIII
<b>I LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL .....</b>	<b>15</b>
1 ¿Qué es la Inteligencia Artificial? .....	17
1.1 Definición de Inteligencia Artificial.....	18
1.2 El aprendizaje en una computadora .....	18
<b>II SISTEMAS EXPERTOS .....</b>	<b>23</b>
2 Elementos de un sistema experto .....	25
2.1 Los hechos .....	26
2.2 Las reglas.....	26
2.3 La base de conocimiento .....	26
2.3.1 Diferencia entre base de datos y base de conocimiento .....	27
2.4 El motor de inferencia.....	27
2.4.1 Enfoque guiado por datos (encadenamiento hacia adelante).....	28
2.4.2 Enfoque guiado por objetivos (encadenamiento hacia atrás).....	28
2.4.3 Conjunto de ejercicios .....	29
3 Programa SistemaExperto_ITM.....	31
3.1 Pasos para manejar el sistema .....	31
4 Estudio de casos .....	35
<b>III REDES NEURONALES ARTIFICIALES .....</b>	<b>39</b>
5 Introducción a la computación neuronal .....	41
5.1 Sistema de cómputo .....	41
5.2 Las redes neuronales artificiales.....	42
5.3 Definición de red neuronal.....	42
5.4 Capacidades de las redes neuronales.....	42
5.5 Ventajas de las redes neuronales .....	43
5.6 Aplicaciones de las redes neuronales .....	43
6 Fundamentos de las redes neuronales .....	45
6.1 El modelo biológico .....	45
6.2 El modelo artificial .....	46
6.3 Estructura de una red neuronal artificial .....	46
6.4 Conexiones entre neuronas.....	47
6.5 Las RNA como aproximadores universales .....	47
6.6 Mecanismos de aprendizaje.....	48

6.7	Redes con aprendizaje supervisado.....	49
6.8	Redes con aprendizaje no supervisado.....	50
6.9	Redes con conexiones hacia adelante.....	51
7	Algoritmos de aprendizaje.....	53
7.1	Algoritmos de aprendizaje gradiente descendente.....	55
7.1.1	Técnica Traingd.....	55
7.1.2	Técnica Traingdm.....	58
7.1.3	Técnica Traingda.....	59
7.1.4	Técnica Traingdx.....	60
7.2	Algoritmos de aprendizaje GD en una RNA.....	63
7.2.1	Corrección de error.....	63
7.2.2	Retropopagación del error.....	64
7.2.3	Algoritmo gradiente descendente.....	64
7.3	Algoritmo de aprendizaje basado en gradiente conjugado.....	71
7.3.1	Técnica Traingc.....	71
7.3.2	Algoritmo gradiente conjugado.....	71
8	Programa RNA_ITM.....	75
8.1	Pasos para manejar el sistema.....	75
8.2	Módulo reconocimiento de imágenes.....	78
9	Toolbox Neural Network de MATLAB.....	81
9.1	RNA del tipo PMC con una entrada y una salida.....	81
9.2	RNA del tipo PMC con una entrada y dos salidas.....	83
10	Estudio de casos.....	87
<b>IV</b>	<b>ALGORITMOS GENÉTICOS.....</b>	<b>95</b>
11	Introducción a los algoritmos genéticos.....	97
11.1	Teoría de la selección natural.....	97
12	Conceptos básicos.....	101
12.1	Algoritmos Genéticos.....	101
12.2	Genética.....	101
12.3	Gen.....	102
12.4	Cromosoma.....	102
12.5	Genoma.....	103
12.6	Medida de salud.....	103
12.7	Operaciones básicas de los AG.....	103
12.7.1	La generación.....	103
12.7.2	El cruce.....	104
12.7.3	La mutación.....	104
12.7.4	La reproducción y la eliminación.....	104

13	Algoritmo Genético .....	107
13.1	Crear $p(t)$ .....	107
13.2	Evaluar .....	108
13.2.1	Operadores de probabilidad .....	108
13.3	Seleccionar .....	108
13.4	Recombinar .....	109
13.4.1	Operadores de asignacion de parejas .....	109
13.4.2	Cruce.....	109
13.4.3	Mutación.....	109
13.4.4	Operadores de reproducción.....	109
14	Programa AG_ITM.....	131
14.1	Pasos para manejar el sistema .....	131
15	Estudio de casos .....	137
<b>V</b>	<b>LÓGICA BORROSA .....</b>	<b>147</b>
16	Introducción a la lógica borrosa.....	149
16.1	Un problema borroso.....	149
16.2	Aplicaciones usando lógica borrosa. ....	150
17	Operaciones básicas en la lógica borrosa .....	155
17.1	Unión, intersección y complemento .....	156
18	Algoritmos para sistemas de control borroso.....	163
18.1	Fuzzificación de las entradas .....	163
18.2	Evaluación de las reglas de control .....	166
18.3	Defuzzificación de las salidas .....	169
18.4	Pautas para el diseño de controladores borrosos .....	188
19	Programa LB_ITM.....	189
19.1	Pasos para manejar el sistema .....	189
20	Toolbox lógica difusa de MATLAB.....	191
20.1	Acceso .....	191
20.2	Elección de modelo .....	191
20.3	Variables y funciones de pertenencia .....	192
20.4	Reglas del modelo.....	193
20.5	Visualizador de reglas.....	194
20.6	Visualizador de superficie.....	194
21	Programa SistemaFuzzy_ITM.....	195
21.1	Pasos para manejar el sistema .....	195
22	Estudio de casos .....	201

<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	207
<b>A. SISTEMAS NUMÉRICOS Y CÓDIGOS BINARIOS</b> .....	<b>209</b>
A.1    Sistemas Numéricos .....	209
A.1.1  Sistema digital (0, 1), base 2 .....	209
A.1.2  Sistema decimal.....	209
<b>B. INFORMACIÓN PERSONAL</b> .....	<b>213</b>



## PREFACIO

*“Mediante tres métodos podemos obtener la sabiduría: primero por relexión, que es el más noble; segundo, por imitación, que es el más sencillo; y tercero, por la experiencia, que es el más amargo”.*

Confucio

*“Me lo contaron y lo olvidé.  
Lo ví y lo entendí.  
Lo hice y lo aprendí”*

Confucio

*“Los maestros pueden abrir la puerta.  
Mas solo usted puede entrar”.*

Proverbio chino

*“El objetivo de la educación es preparar a los jóvenes a educarse a sí mismos durante toda su vida”.*

Maynard Hutchins, Robert

*“El profesor mediocre dice.  
El buen profesor explica.  
El profesor superior demuestra.  
El gran maestro inspira.”*

Arthur William Ward

*“Hay que recordar que el propósito de la educación no es llenar las mentes de los estudiantes con hechos (...) es enseñarles a pensar, si es posible, y siempre a pensar por sí mismos”.*

Robert Hutchins

## AGRADECIMIENTOS

Expreso mi gratitud a todas aquellas personas que han contribuido en esta obra. En especial a la administradora documental Lina María Sánchez Holguín, por la clasificación y organización de la documentación empleada para esta edición.

# INTRODUCCIÓN

El texto académico INTELIGENCIA ARTIFICIAL se ha escrito con un propósito didáctico y pedagógico para su enseñanza en el programa de Ingeniería de Sistemas del ITM.

Su empleo como cuaderno de trabajo permite agilizar y complementar las exposiciones magistrales, aumentando la calidad académica de la asignatura.

El temario se encuentra dividido en cinco partes. En la primera se hace una intrucción a la inteligencia artificial. En la segunda, se trata el tema de los sistemas expertos; en la unidad número tres se estudia el tema de las Redes Neuronales Artificiales. En la cuarta parte se estudian los Algoritmos Genéticos. La última parte es acerca de la Lógica Fuzzy o Borrosa.

El autor desarrolló los programas de computadora SistemaExperto\_ITM, RNA\_ITM (Redes Neuronales Artificiales), AG\_ITM(Algoritmos Genéticos), LB\_ITM(Lógica Borrosa), SistemaFuzzy\_ITM, con los que explica, durante las presentaciones magistrales, la ejecución de los algoritmos planteados en el texto. Los programas fueron desarrollados con el lenguaje Visual C++.

En la obra se utilizan varios iconos para representar las siguientes actividades.

---

**Información**



---

**Referencia documental especializada**



---

**Taller, ejercicio o práctica**

---



## CAPÍTULO 1

### ¿QUÉ ES LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL?



Tomado de: ¿Es un mito la Inteligencia artificial?

Recuperado de <http://signosdecontradiccion.blogspot.com/>

2007/04/es-un-mito-la-inteligencia-artificial.html

Después de la Segunda Guerra Mundial, el matemático inglés Allan Turing ideó el "Test de Turing", según el cual sería posible, al menos teóricamente, que una máquina consiguiera pensar.

El método para confirmar si ese pensamiento realmente se producía sería de tipo pragmático y empirista: "si en un diálogo con una máquina pensante, no puedo distinguir si estoy hablando con una máquina o con un sujeto humano real, entonces deberé admitir que tal máquina, efectivamente, está pensando".

En las décadas de 1950 y 1960, los científicos de IA compartían el presupuesto de que, antes de 1990, las máquinas podrían reproducir todos los procesos del pensamiento humano. Como es evidente, sus expectativas están aún hoy muy lejos de cumplirse.

Ahora bien: ¿deberíamos decir solo "muy lejos", o, más bien, "infinitamente lejos", ya que la inteligencia artificial es un mito inalcanzable? Todo apunta hacia la segunda posibilidad.

¿Cómo sería la experiencia de hablar con una máquina? Esa experiencia está destinada a permanecer en el universo de la especulación literaria y de la ciencia-ficción. Los más avanzados laboratorios de ingeniería informática se encuentran impotentes para fabricar una máquina pensante.

Construiremos ordenadores cada vez más potentes -productos e instrumentos de nuestro pensamiento-, pero ninguno de ellos producirá nunca ni una gota de ese enigmático elixir inmaterial que es el pensamiento.

## HÉCTOR ANÍBAL TABARES OSPINA

Ingeniero Electricista de la Universidad de Antioquia, Especialista en Ingeniería del Software, y Magíster en Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de Colombia. Estudiante de doctorado en Ingeniería en la Universidad de Antioquia. Docente ocasional del INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO.



## INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Litografía Dinámica, diciembre de 2012  
Fuente tipográfica: Adobe Caslon pro para texto corrido,  
en 11 puntos, títulos 15 puntos.