

TEORÍA DE LA DECISIÓN APLICADA

**ANÁLISIS DE DECISIONES BAJO
INCERTIDUMBRE, RIESGO, TEORÍA
DE JUEGOS Y CADENAS DE MARKOV**

**HUMBERTO GUERRERO SALAS
MANUEL ALFONSO MAYORGA MORATO
ORLANDO DE ANTONIO SUÁREZ**

Guerrero Salas, Humberto, autor

Teoría de la decisión aplicada : análisis de decisiones bajo incertidumbre, riesgo, teoría de juegos y cadenas de Markov / Humberto Guerrero Salas, Manuel Alfonso Mayorga Morato, Orlando de Antonio Suárez. -- Segunda edición. -- Bogotá : Ecoe Ediciones, 2023.

220 páginas. -- (Consulta, información y materias interdisciplinarias. Investigación e información general)

Incluye datos curriculares de los autores -- Incluye referencias bibliográficas y bibliografía.

ISBN 978-958-503-789-2 -- 978-958-503-790-8 (e-book)

1. Toma de decisiones 2. Toma de decisiones - Modelos matemáticos 3. Toma de decisiones (Estadística) 4. Investigación operacional I. Mayorga Morato, Manuel Alfonso, autor II. Antonio Suárez, Orlando de, autor

CDD: 658.403 ed. 23

CO-BoBN- a1128254



Área: Consulta, información y materias interdisciplinarias

Subárea: Investigación e información general

ECOE
EDICIONES



© Humberto Guerrero Salas

© Manuel Alfonso Mayorga Morato

© Orlando de Antonio Suárez

© Ecoe Ediciones S.A.S.
info@ecoeediciones.com
www.ecoeediciones.com
Carrera 19 # 63 C 32
Teléfono: (+57) 321 226 46 09
Bogotá, Colombia

Segunda edición: Bogotá, octubre del 2023

ISBN: 978-958-503-789-2
e-ISBN: 978-958-503-790-8

Directora editorial: Ana María Rueda G.
Coordinadora editorial: Paula Bermúdez B.
Editora de adquisiciones: Alejandra Cely R.
Corrección de estilo: Andrés Caro
Diagramación: Denise Rodríguez
Carátula: Wilson Marulanda Muñoz
Impresión: Carvajal Soluciones de Comunicación S.A.S.
Carrera 69 #15-24

*Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.*

Impreso y hecho en Colombia - Todos los derechos reservados

La realización de este trabajo está dedicada:

Primero a Dios.

A Angélica Rocío (Mi chiquitica) (Q. E. P. D).

A mi madre, Laura María Salas Reyes (Q. E. P. D).

A mi padre Saúl Guerrero Martín (Q. E. P. D).

A mi hermana, María Helena Guerrero Salas (Q. E. P. D).

A mi hija, Mónica Natalia (la muñequita)

Humberto Guerrero Salas

Quiero dedicar este trabajo, con todo el afecto posible a mi familia, que han contribuido en forma casi directa a este logro al ceder parte del tiempo que les correspondía para la realización de este texto.

Manuel Alfonso Mayorga Morato

En primer lugar a Dios Padre Todo Poderoso.

En segundo lugar a mis padres, Gabriel De Antonio Buitrago (Q. E. P. D), y
Bertha Inés Suárez Romero (Q. E. P. D).

A mi esposa Gloria Mercedes Rincón.

A mis hijos Gloria Liliana, Daniel Orlando, David Fernando y María Angélica.

Orlando de Antonio Suárez

CONTENIDO

| | |
|---|------------|
| INTRODUCCIÓN..... | XIX |
| PRÓLOGO | XXI |
| CAPÍTULO 1. GENERALIDADES DE LA TEORÍA DE LA DECISIÓN..... | 1 |
| 1.1. Proceso de la toma de decisiones | 2 |
| 1.2. Clasificación de los procesos de decisión..... | 3 |
| 1.3. Elementos básicos del proceso de toma de decisiones..... | 4 |
| 1.4. Factores humanos que inciden en la toma de decisiones..... | 5 |
| 1.5. Matriz de rendimientos | 7 |
| 1.6. Criterio de dominancia..... | 20 |
| 1.7. Matriz de pérdidas de oportunidad | 21 |
| 1.8. Aplicación real de la teoría de la decisión | 25 |
| CAPÍTULO 2. DECISIONES BAJO INCERTIDUMBRE..... | 37 |
| 2.1. Criterio Maximax o pago Máximo..... | 38 |
| 2.2. Criterio Maximin | 41 |
| 2.3. Criterio minimax o de arrepentimiento..... | 44 |
| 2.4. Criterio del valor esperado o criterio de Laplace | 47 |
| 2.5. Criterio Hurwicz | 50 |

| | |
|---|-----|
| CAPÍTULO 3. DECISIONES BAJO RIESGO | 73 |
| 3.1. Toma de decisiones sin experimentación..... | 74 |
| 3.2. Toma de decisiones con experimentación o teoría Bayesiana de decisión | 77 |
| 3.3. Costo de la información perfecta | 88 |
| 3.4. Costo de la información de muestra..... | 90 |
| 3.5. Eficiencia de la información de muestra | 92 |
| 3.6. Árboles de decisión | 92 |
| CAPÍTULO 4. TEORÍA DE JUEGOS | 105 |
| 4.1. Estrategias puras..... | 107 |
| 4.2. Estrategias mixtas..... | 113 |
| 4.3. Estrategias óptimas..... | 116 |
| 4.3.1. Criterio de dominancia..... | 116 |
| 4.3.2. Solución algebraica | 118 |
| 4.3.3. Solución gráfica..... | 122 |
| 4.3.4. Solución por programación lineal (Método simplex)..... | 131 |
| CAPÍTULO 5. CADENAS DE MARKOV | 147 |
| 5.1. Generalidades de las cadenas de Markov..... | 148 |
| 5.1.1. Conceptos básicos..... | 148 |
| 5.1.2. Clasificación de los estados en una cadena de Markov | 151 |
| 5.2. Cadenas regulares..... | 152 |
| 5.2.1. Matriz de transición a cualquier periodo futuro | 152 |
| 5.2.2. Condiciones de estado estable o probabilidades de largo plazo..... | 156 |
| 5.2.3. Probabilidades de primera visita..... | 161 |
| 5.2.4. Tiempos esperados de primera visita..... | 171 |
| 5.3. Cadenas absorbentes..... | 172 |
| REFERENCIAS | 215 |
| BIBLIOGRAFÍA | 217 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 3.1. Árbol de decisión para el ejemplo 3.5 | 95 |
| Figura 4.1. Distancias entre los pueblos | 111 |
| Figura 4.2. Solución gráfica del ejemplo 4.7. | 124 |
| Figura 4.3. Solución gráfica del ejemplo 4.8. | 127 |
| Figura 4.4. Solución gráfica del ejemplo 4.9 | 130 |
| Figura 5.1. Diagrama de transición para el vehículo | 150 |
| Figura 5.2. Árbol de probabilidades..... | 154 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-------------|--|----|
| Tabla 1.1. | Matriz de rendimiento generalizada..... | 7 |
| Tabla 1.2. | Porcentajes del ejemplo 1.1 | 8 |
| Tabla 1. 3. | Matriz de rendimientos del ejemplo 1.1..... | 9 |
| Tabla 1. 4. | Matriz de rendimientos del ejemplo 1.2..... | 12 |
| Tabla 1. 5. | Matriz de rendimientos del ejemplo 1.3..... | 14 |
| Tabla 1. 6. | Matriz de rendimientos del ejemplo 1.4..... | 19 |
| Tabla 1.7. | Matriz de rendimientos del ejemplo 1.3 con criterio de dominancia | 20 |
| Tabla 1.8. | Máximos Rij para cada estado del ejemplo 1.3. | 22 |
| Tabla 1.9. | Matriz de pérdidas de oportunidades para el ejemplo 1.3..... | 23 |
| Tabla 1.10. | Matriz de pérdidas de oportunidades para el ejemplo 1.2..... | 25 |
| Tabla 2.1. | Máximos rendimientos del ejemplo 1.1 | 39 |
| Tabla 2.2. | Máximos rendimientos del ejemplo 1.2 | 40 |
| Tabla 2.3. | Máximos rendimientos del ejemplo 1.3. | 41 |
| Tabla 2.4. | Mínimos rendimientos del ejemplo 1.1 | 42 |
| Tabla 2.5. | Mínimos rendimientos del ejemplo 1.2 | 43 |
| Tabla 2.6. | Mínimos rendimientos del ejemplo 1.3 | 43 |
| Tabla 2.7. | Matriz de pérdidas de oportunidad del ejemplo 1.1..... | 45 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Tabla 2.8. | Máximas pérdidas de oportunidad del ejemplo 1.1 | 45 |
| Tabla 2.9. | Máximas pérdidas de oportunidad del ejemplo 1.2 | 46 |
| Tabla 2.10. | Máximas pérdidas de oportunidad del ejemplo 1.3 | 47 |
| Tabla 2.11. | Máximos y Mínimos rendimientos del ejemplo 1.1 | 51 |
| Tabla 2.12. | Máximos y Mínimos rendimientos del ejemplo 1.2 | 52 |
| Tabla 2.13. | Máximos y Mínimos rendimientos del ejemplo 1.3 | 53 |
| Tabla 3.1. | Matriz de rendimientos del ejemplo 3.1..... | 76 |
| Tabla 3.2. | Rendimientos, máximas ganancias y probabilidades a priori del ejemplo 3.1 | 77 |
| Tabla 3.3. | Rendimientos, máximas ganancias y probabilidades a priori del ejemplo 3.1 | 79 |
| Tabla 3.4. | Probabilidades Condicionales | 81 |
| Tabla 3.5. | Probabilidades Conjuntas | 82 |
| Tabla 3.6. | Probabilidades de los diferentes niveles de experimentación..... | 83 |
| Tabla 3.7. | Probabilidades Posteriores..... | 84 |
| Tabla 3.8. | Nivel 1: Aceptación excelente | 85 |
| Tabla 3.9. | Nivel 2: Aceptación buena..... | 86 |
| Tabla 3.10. | Nivel 3: Aceptación regular..... | 86 |
| Tabla 3.11. | Nivel 4: Aceptación mala..... | 87 |
| Tabla 3.12. | Máximos rendimientos en cada estado | 89 |
| Tabla 3.13. | Máximos rendimientos y probabilidad de cada nivel de experimentación..... | 91 |
| Tabla 3.14. | Matriz de rendimientos y máximos valores esperados del ejemplo 3.5 | 94 |
| Tabla 3.15. | Probabilidades condicionales para el ejemplo 3.5..... | 94 |
| Tabla 3.16. | Probabilidades posteriores para el ejemplo 3.5 | 94 |
| Tabla 4.1. | Matriz de pagos generalizada | 107 |
| Tabla 4.2. | Matriz de pagos del ejemplo 4.1 | 108 |
| Tabla 4.3. | Máximos y mínimos pagos del ejemplo 4.1..... | 109 |
| Tabla 4.4. | Matriz de pagos del ejemplo 4.2 | 110 |
| Tabla 4.5. | Máximos y mínimos pagos del ejemplo 4.2..... | 110 |
| Tabla 4.6. | Matriz de pagos del ejemplo 4.3 | 113 |
| Tabla 4.7. | Máximos y mínimos pagos del ejemplo 4.3..... | 113 |
| Tabla 4.8. | Matriz de pagos del ejemplo 4.4..... | 114 |
| Tabla 4.9. | Máximos y mínimos pagos del ejemplo 4.4..... | 114 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Tabla 4.10. | Ganancias y probabilidad si Martha decide por AS | 115 |
| Tabla 4.11. | Ganancias y probabilidad si Martha decide por AS | 115 |
| Tabla 4.12. | Matriz de pagos del ejemplo 4.2..... | 117 |
| Tabla 4.13. | Matriz de pagos del ejemplo 4.2..... | 117 |
| Tabla 4.14. | Ganancias esperadas de Sofía | 118 |
| Tabla 4.15. | Matriz de pagos del ejemplo 4.6..... | 120 |
| Tabla 4.16. | Matriz de pagos del ejemplo 4.8..... | 125 |
| Tabla 4.17. | Matriz de pagos del ejemplo 4.9..... | 129 |
| Tabla 4.18. | Valores esperados de utilidad para la compañía “ELECTRA” | 130 |
| Tabla 4.19. | Solución del ejemplo 4.4. (Maximización de la utilidad de Sofía) | 134 |
| Tabla 4.20. | Solución del ejemplo 4.4. (Maximización de la utilidad de Martha)..... | 136 |
| Tabla 4.21. | Solución del ejemplo 4.11. (Maximización del ingreso de la compañía “omega”) | 138 |
| Tabla 4.22. | Solución del ejemplo 4.12. (Maximización de la utilidad de la compañía “ELECTRA”) | 141 |
| Tabla 4.23. | Matriz de pagos del ejercicio propuesto 4.1..... | 142 |
| Tabla 4.24. | Matriz de pagos del ejercicio propuesto 4.4..... | 143 |
| Tabla 4.25. | Ingresos de la compañía “SIGMA” del ejercicio propuesto 4.10..... | 144 |
| Tabla 4.26. | Matriz de pagos del ejercicio propuesto 4.11..... | 144 |
| Tabla 4.27. | Matriz de pagos del ejercicio propuesto 4.12..... | 145 |
| Tabla 4.28. | Matriz de pagos del ejercicio propuesto 4.13..... | 145 |

INTRODUCCIÓN

El presente libro surge de la experiencia e inquietud de los autores por tener un texto guía entendible y aplicable en el ámbito de la toma de decisiones; ya que este tema, aunque se ha abordado con mucho éxito en un capítulo dentro de la mayoría de textos de investigación de operaciones, no se ha realizado con la profundidad y ejemplificación que el tema en mención requiere. Es por ello, que el propósito de este texto en cada uno de sus temas; es llegar con explicaciones sencillas, pero útiles en el fácil entendimiento de los temas que tienen que ver con la Teoría de la decisión.

En una disciplina tan amplia como la investigación de operaciones, que es el tema global en donde se ubica la teoría y el análisis de decisiones, se requiere de explicaciones y aplicaciones entendibles a cualquier lector, sin importar su profesión; y tal vez, esta es la ventaja más fundamental de este texto, ya que cada tema es tratado de forma sencilla. Esto se ha tratado mediante una parte teórica con su respectiva aplicación a través de ejemplos realizados en forma muy explícita, lo que indica una explicación paso a paso de las respectivas aplicaciones.

También, se hace necesario hablar de las debilidades del texto, que en síntesis es una sola; el hecho de no haber introducido casos empresariales reales. Los autores han realizado casos empresariales, pero por reserva de las empresas no se pueden publicar en ningún texto. Ahora, la falencia se ha minimizado a través de la indicación de publicaciones de casos que han aparecido en otras publicaciones y las cuales se pueden utilizar.

Vale la pena mencionar que este texto en su estructura es muy sencillo de comprender, pero, se requiere obviamente de conocimientos elementales de matemáticas y estadística. Además, el texto puede ser básico no sólo para ingeniería; sino también para cualquier profesión que este interesada en el tema.

El aporte sustancial de esta segunda edición es la incorporación del capítulo de cadenas de Markov; aún así, en todo el texto seguirán conservándose las explicaciones y ejemplos paso a paso.

Para terminar, queremos agradecer a todas las personas que deseen colaborar con el mejoramiento de este texto enviando sus sugerencias a:

hguerreros@udistrital.edu.co

mamayorgam@udistrital.edu.co

odeantonios@gmail.com

azhguerrero@yahoo.com.mx

malmayo@outlook.com

unimensajes@yahoo.es

Los autores



PRÓLOGO

A mi juicio, justificar la creación del libro para orientar y motivar al lector sobre la lectura del mismo, es la misión de un prólogo. En Colombia, es usual que la bibliografía —tanto libro guía como bibliografía recomendada o secundaria— en microcurrículos de cursos para programas de ingeniería, sea mayoritariamente de libros escritos por autores extranjeros y, por ende, publicados por editoriales extranjeras; de hecho, se cree que existen obras maestras que solo pueden ser superadas por sí mismas con una nueva edición. Afortunadamente, esta “tradicción” está cambiando en el país; cada vez es más frecuente que libros de autores nacionales, sean referencia fundamental para los estudios de pregrado y postgrado en ingeniería.

Este fenómeno no es el resultado de un regionalismo sin sentido propio; por el contrario, es un reflejo del desarrollo y rigor científico e investigativo que el país ha tenido en las últimas décadas, que permite que libros científicos no solo sean libros texto de estudiantes nacionales sino también de estudiantes de otros países. Prueba de lo anteriormente expuesto son los ingenieros autores de este libro, no en vano sus currículums vitae los respaldan.

En cuanto a la motivación y orientación que debe brindar al lector este prólogo, pensemos que todos los días tomamos decisiones, como bien lo afirman los autores, más allá de que dichas decisiones sean trascendentes o no. Sin embargo, en el plano de la gestión las decisiones de baja incertidumbre, bajo riesgo, o decisiones en condiciones de conflicto cuentan con su propia metodología y aplicación bajo

condiciones de incertidumbre. Es importante resaltar que la Teoría de Decisiones cuenta con una fundamentación matemática, estadística y probabilística (como por ejemplo: la teoría de juegos y la teoría Bayesiana); que permite a las organizaciones cumplir sus objetivos con eficiencia y eficacia.

Futuros ingenieros: estoy seguro que este libro texto se convertirá con el paso del tiempo en su libro de consulta con un puesto privilegiado en sus bibliotecas, durante el ejercicio diario de su vida profesional.

Ing. Wilson Hernando Soto Urrea, Ph. D.