

MATLAB Y SIMULINK

CON APLICACIONES A LA INGENIERÍA

FABIÁN ALBERTO ORTEGA QUINTANA, Ph. D.

DEIVIS ENRIQUE LUJÁN RHENALS, Ph. D.

JORGE LUIS OYOLA MENDOZA, Ph. D.

JAIRO GUADALUPE SALCEDO MENDOZA, Ph. D.

Catalogación en la publicación

Ortega Quintana, Fabián Alberto, autor

Matlab y Simulink con aplicaciones a la ingeniería / Fabián Alberto Ortega Quintana, Deivis Enrique Luján Rhenals, Jorge Luis Oyola Mendoza, Jairo Guadalupe Salcedo Mendoza -- Primera edición. -- Bogotá: Ecoe Ediciones, 2024.

251 páginas, 17x24 cm (Computación y tecnología de la información. Programación informática-desarrollo de software).

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

ISBN 978-958-508-324-0 (impreso) 978-958-508-325-7 (pdf) -- 978-958-508-326-4 (digital)

1. Herramientas de desarrollo de aplicaciones 2. Software de análisis de datos 3. Software de simulación gráfica 4. Herramientas de procesamientos de datos I. Ortega Quintana, Fabián Alberto, autor II. Luján Rhenals, Deivis Enrique, autor III. Oyola Mendoza, Jorge Luis, autor IV. Salcedo Mendoza, Jairo Guadalupe, autor

CDD: 005.5 Ed. 23

nla-



Área: *Computación y tecnología de la información.*

Subárea: *Algoritmos y estructuras de datos.*

ECOE
EDICIONES



- © Fabián Alberto Ortega Quintana
- © Deivis Enrique Luján Rhenals
- © Jorge Luis Oyola Mendoza
- © Jairo Guadalupe Salcedo Mendoza

► Ecoe Ediciones S.A.S.
info@ecoeediciones.com
www.ecoeediciones.com
Carrera 19 # 63 C 32 - Tel.: 919 80 02
Bogotá, Colombia

- ♦ Cita sugerida:
Ortega, F., Luján, D., Oyola, J.
y Salcedo, J. (2024). *Matlab y
Simulink. Con aplicaciones a la
ingeniería*. Ecoe Ediciones.

Primera edición: Bogotá, octubre del 2024

ISBN: 978-958-508-324-0

e-ISBN (PDF): 978-958-508-325-7

e-ISBN (ePUB): 978-958-508-326-4

DOI: 10.59979/ECOE.9789585083240.9789585083257.9789585083264

Directora editorial: Ana María Rueda G.

Coordinadora de producción editorial:
Alejandra Rondón Forero

Editora júnior de contenidos: Alejandra Cely R.

Corrección de estilo: Oscar Andrés Díaz Vásquez

Diagramación: Denise Rodríguez Ríos

Carátula: George Villa

Impresión: Carvajal Soluciones de
Comunicación S.A.S.

Carrera 69 # 15 - 24

La reproducción total de esta obra, ya sea en formato físico o digital, está estrictamente prohibida sin la autorización expresa del titular de los derechos. Asimismo, cualquier reproducción parcial de este libro, con o sin fines comerciales, en formato físico o digital, requiere la autorización previa.

Impreso y hecho en Colombia - Todos los derechos reservados



AGRADECIMIENTOS

A Dios, quien materializa mis sueños y hace que mi vida tenga un propósito.

A mi esposa Amalfi, por su valiosa motivación y compañía para culminar este proyecto. A mis hijos Isaac David y Laura Sofía, encontré en ellos la especial inspiración para escribir.

A la memoria de mi madre Rosmira, siempre creíste en mí, gracias por todo.

Fabián Ortega

Los autores agradecen a la Universidad de Córdoba y a la Universidad de Sucre. Este libro es producto del desarrollo de asignaturas e investigaciones realizadas en los programas de estas dos universidades: Ingeniería de Alimentos, Ingeniería Agroindustrial, Maestría en Ciencias Agroalimentarias, Maestría en Ingeniería y Doctorado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos.

CONTENIDO

| | |
|--|-------|
| AGRADECIMIENTOS | V |
| INTRODUCCIÓN | XXIII |
| PRIMERA PARTE. MATLAB | 1 |
| CAPÍTULO 1. ENTORNO DE MATLAB | 3 |
| 1.1. Variables..... | 4 |
| 1.1.1. Variables simbólicas..... | 5 |
| 1.1.2. Operaciones con funciones que tienen variables simbólicas..... | 6 |
| 1.1.3. <i>Funtool</i> | 7 |
| 1.2. Gráficas con Matlab..... | 9 |
| 1.2.1. Gráficas simples..... | 9 |
| 1.2.2. Gráficas de más de una variable independiente..... | 14 |
| CAPÍTULO 2. POLINOMIOS, AJUSTE DE CURVAS E INTERPOLACIÓN | 25 |
| 2.1. Representación de polinomios..... | 26 |
| 2.2. Raíces de polinomios..... | 26 |
| 2.3. Evaluación de polinomios | 27 |
| 2.4. Convolución y deconvolución | 27 |
| 2.5. Derivada de polinomios..... | 28 |
| 2.6. Integración de polinomios..... | 28 |
| 2.7. Expansión de un polinomio en fracciones parciales..... | 29 |
| 2.8. Ajuste de curvas de polinomios y otras funciones..... | 30 |
| 2.8.1. Ajuste de curvas mediante la función <i>polyfit</i> | 30 |
| 2.8.2. Ajuste de curvas mediante la función <i>nlinfit</i> y <i>fminsearch</i> | 33 |
| 2.8.3. Ajuste de curvas mediante la función <i>fitnlm</i> | 36 |
| 2.8.4. Ajuste de curvas mediante la función <i>fit</i> | 42 |

| | | |
|--|---|------------|
| 2.9. | Interpolación..... | 43 |
| 2.9.1. | Interpolación unidimensional | 44 |
| 2.9.2. | Interpolación bidimensional..... | 48 |
| CAPÍTULO 3. ECUACIÓN NO LINEAL Y SISTEMA DE ECUACIONES NO LINEALES..... | | 53 |
| 3.1. | Ecuaciones no lineales..... | 53 |
| 3.1.1. | Método de punto fijo o sustituciones sucesivas | 53 |
| 3.1.2. | Método del puntero | 60 |
| 3.1.3. | Método de Newton-Raphson..... | 60 |
| 3.2. | Ecuaciones no lineales. Funciones <i>fzero</i> y <i>ginput</i> | 62 |
| 3.3. | Ecuaciones no lineales. Caso especial: resolución analítica de ecuaciones cúbicas | 65 |
| 3.4. | Ecuaciones no lineales. Caso especial: ecuaciones polinómicas en general..... | 70 |
| 3.5. | Sistema de ecuaciones no lineales | 72 |
| CAPÍTULO 4. ECUACIONES DIFERENCIALES NO LINEALES..... | | 75 |
| 4.1. | Solución analítica, EDO lineales..... | 75 |
| 4.2. | Solución numérica de EDO, problema de valor inicial | 77 |
| 4.2.1. | Método de Euler | 77 |
| 4.2.2. | Método de Runge-Kutta..... | 80 |
| 4.2.3. | Función <i>ode45</i> | 81 |
| 4.3. | Sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias..... | 84 |
| 4.3.1. | Sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias. Método de Euler | 85 |
| 4.3.2. | Sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias. Método de Runge-Kutta..... | 88 |
| 4.3.3. | Sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias. Método de <i>ode45</i> | 90 |
| CAPÍTULO 5. ECUACIONES DIFERENCIALES PARCIALES (EDP)..... | | 93 |
| 5.1. | Clasificación de las ecuaciones diferenciales parciales | 93 |
| 5.2. | Soluciones de EDP por el método de diferencias finitas (MDF) | 95 |
| 5.2.1. | EDP parabólica..... | 95 |
| 5.2.2. | EDP hiperbólica | 102 |
| 5.2.3. | EDP elíptica..... | 105 |
| CAPÍTULO 6. OPTIMIZACIÓN..... | | 109 |
| 6.1. | Optimización lineal o programación lineal | 109 |
| 6.2. | Programación no lineal..... | 111 |
| 6.2.1. | Optimización o programación no lineal no restringida..... | 111 |
| 6.2.2. | Optimización o programación no lineal restringida | 117 |
| CAPÍTULO 7. IDENTIFICACIÓN PARAMÉTRICA EN ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS (EDO) | | 121 |
| 7.1. | Identificación de un parámetro de una ecuación diferencial ordinaria (EDO)..... | 121 |

| | | |
|--|--|------------|
| 7.2. | Identificación de varios parámetros de un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias..... | 123 |
| 7.2.1. | Con una variable medida experimentalmente..... | 124 |
| 7.2.2. | Con dos o más variables medidas experimentalmente | 127 |
| CAPÍTULO 8. APLICACIONES DE ESTADÍSTICA..... | | 133 |
| 8.1. | Comandos estadísticos de tratamiento y visualización de datos..... | 133 |
| 8.1.1. | Función <i>size</i> | 135 |
| 8.1.2. | Función <i>histogram</i> | 136 |
| 8.1.3. | Función <i>boxplot</i> | 136 |
| 8.1.4. | Función <i>scatter</i> | 137 |
| 8.1.5. | Funciones <i>máx</i> y <i>mín</i> | 137 |
| 8.1.6. | Funciones <i>mean</i> , <i>mode</i> y <i>median</i> | 138 |
| 8.1.7. | Funciones <i>std</i> y <i>var</i> | 138 |
| 8.1.8. | Funciones <i>sum</i> , <i>prod</i> , <i>cumsum</i> y <i>cumprod</i> | 138 |
| 8.1.9. | Creación de tablas | 141 |
| 8.2. | Análisis de varianza | 141 |
| 8.2.1. | Análisis de varianza de diseño completamente al azar (1 solo factor)..... | 141 |
| 8.2.2. | Análisis de varianza de diseño completamente al azar con arreglo factorial (2 factores)..... | 146 |
| SEGUNDA PARTE. SIMULINK | | 149 |
| CAPÍTULO 9. ENTORNO DE SIMULINK | | 151 |
| 9.1. | ¿Qué es Simulink? | 151 |
| 9.2. | Construcción y ejecución de un modelo..... | 151 |
| CAPÍTULO 10. APLICACIONES GENERALES DE SIMULINK | | 155 |
| 10.1. | Operaciones aritméticas..... | 155 |
| 10.2. | Gráfica de una función..... | 156 |
| 10.3. | Resolución de sistema de ecuaciones lineales | 158 |
| 10.4. | Resolución de sistema de ecuaciones no lineales..... | 160 |
| 10.5. | Ecuaciones diferenciales por métodos numéricos | 162 |
| 10.6. | Evaluación de un polinomio | 170 |
| 10.7. | Redondeando con: <i>ceil</i> , <i>fix</i> , <i>round</i> y <i>floor</i> | 171 |
| 10.8. | Raíces reales de una función. Uso de <i>Interpreted Matlab function</i> | 172 |
| 10.9. | Raíces reales de una función. Uso de <i>Matlab function</i> y método del punto fijo | 174 |
| CAPÍTULO 11. APLICACIONES ESPECÍFICAS DE SIMULINK | | 177 |
| 11.1. | Convertidor de °C a °F y viceversa..... | 177 |
| 11.2. | Problemas de termodinámica | 178 |
| 11.2.1. | Resolución de la ecuación de Redlich-Kwong para el volumen ... | 178 |
| 11.2.2. | Gráficas de presión y factor de compresibilidad (<i>Z</i>) versus el volumen utilizando la ecuación de Redlich-Kwong para los gases..... | 182 |
| 11.2.3. | Estimación de la densidad de gases con las ecuaciones de Dieterici y Redlich/Kwong | 185 |
| 11.2.4. | Problema de mecánica de fluidos..... | 187 |

| | |
|--|-----|
| 11.3. Interpolación de datos..... | 191 |
| 11.3.1. Tabla de búsqueda 1-D..... | 191 |
| 11.3.2. Tabla de búsqueda dinámica..... | 196 |
| 11.3.3. Interpolación con dos variables independientes..... | 198 |
| 11.4. Ecuaciones diferenciales: modelo matemático de un reactor químico..... | 200 |
| 11.5. Aplicaciones al control automático de procesos..... | 202 |
| 11.5.1. Perturbaciones a una función de transferencia de segundo orden..... | 202 |
| 11.5.2. Perturbaciones escalón a una función de transferencia de primer orden más tiempo muerto..... | 208 |
| 11.5.3. Control retroalimentado con algoritmo PID..... | 210 |
| TERCERA PARTE. ESTUDIOS DE CASO | 213 |
| A.1. Estudio de caso 1..... | 215 |
| A.2. Estudio de caso 2..... | 223 |
| A.3. Estudio de caso 3..... | 240 |
| A.4. Estudio de caso 4..... | 243 |
| A.5. Estudio de caso 5..... | 246 |
| REFERENCIAS | 249 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------|---|----|
| Figura 1. | Ambiente de Matlab R2023a..... | 4 |
| Figura 2. | Herramienta <i>funtool</i> | 7 |
| Figura 3. | Funciones <i>f</i> y <i>g</i> <i>funtool</i> | 8 |
| Figura 4. | Resultados de <i>funtool</i> para $f = \frac{5}{x}e^{-2x}$ | 9 |
| Figura 5. | (a) Gráfica de $y = e^{-\frac{2200}{x}}$ sin marcas; (b) Gráfica de $y = e^{-\frac{2200}{x}}$ con marcas* | 10 |
| Figura 6. | Gráfica modificada de $y = e^{-\frac{2200}{x}}$ | 12 |
| Figura 7. | Gráfica de $y = e^{-\frac{2200}{x}}$ con <i>fplot</i> | 13 |
| Figura 8. | Gráfica de $y = e^{-\frac{2200}{x}}$ con <i>ezplot</i> | 13 |
| Figura 9. | Gráfica de contorno para $z = 2x^2 + xy^2 - 3y$ | 15 |
| Figura 10. | Gráfica de contorno con etiquetas para $z = 2x^2 + xy^2 - 3y$ | 16 |
| Figura 11. | Gráfica de contorno con etiquetas y grosor de línea para $z = 2x^2 + xy^2 - 3y$ | 16 |
| Figura 12. | Gráfica <i>mesh</i> para $z_1 = 2x^2 + xy^2 - 3y$ y $z_2 = 8x + y - 10$ | 17 |
| Figura 13. | Gráfica <i>surf</i> para $z_1 = 2x^2 + xy^2 - 3y$ y $z_2 = 8x + y - 10$ | 18 |
| Figura 14. | Gráfica <i>surf</i> para $z_1 = 2x^2 + xy^2 - 3y$ y $z_2 = 8x + y - 10$ con <i>shading interp</i> | 19 |
| Figura 15. | Gráfica de función no lineal y función lineal..... | 22 |

| | | |
|------------|---|----|
| Figura 16. | Gráfica de función no lineal y función lineal..... | 24 |
| Figura 17. | Datos reales y polinomio ajustado..... | 31 |
| Figura 18. | a) Ajuste del polinomio. b) Residuos para el polinomio cúbico. c) Ajuste del polinomio e intervalos de confianza (95 %)..... | 32 |
| Figura 19. | Ajustes del polinomio..... | 35 |
| Figura 20. | Ejemplos de datos en Excel..... | 39 |
| Figura 21. | Importancia de datos desde Excel..... | 40 |
| Figura 22. | Gráfica x vs. y con interpolación <i>spline</i> | 45 |
| Figura 23. | Gráfica de la derivada de la función..... | 47 |
| Figura 24. | Interpolación de Fourier para una función periódica..... | 48 |
| Figura 25. | Gráfica de función $z = xe^{(-x^2-y^2)}$ baja resolución..... | 49 |
| Figura 26. | Gráfica en función $z = xe^{(-x^2-y^2)}$ con interpolación <i>nearest neighbor</i> | 50 |
| Figura 27. | Gráfica de función $z = xe^{(-x^2-y^2)}$ con interpolación <i>bilineal</i> | 50 |
| Figura 28. | Gráfica de función $z = xe^{(-x^2-y^2)}$ con interpolación <i>bicúbica</i> | 51 |
| Figura 29. | Gráfica de contorno de la función $z = xe^{(-x^2-y^2)}$ con interpolación <i>nearest neighbor</i> | 51 |
| Figura 30. | Gráfica de contorno de la función $z = xe^{(-x^2-y^2)}$ con interpolación <i>bilineal</i> | 52 |
| Figura 31. | Gráfica de contorno de la función $z = xe^{(-x^2-y^2)}$ con interpolación <i>bicúbica</i> | 52 |
| Figura 32. | Valores de x_i y $ x_i - x_0 $ | 56 |
| Figura 33. | Aplicación del método del puntero..... | 60 |
| Figura 34. | Aplicación de la función <i>ginput</i> | 65 |
| Figura 35. | Gráfica de factor de compresibilidad (Z) versus presión..... | 70 |
| Figura 36. | Gráfica de $y = 195e^{-2x} - 15e^{2x} + 20$ | 76 |
| Figura 37. | Gráfica de concentración (C_A)..... | 78 |
| Figura 38. | Gráfica de concentración (C_A)..... | 79 |
| Figura 39. | Gráfica de concentración (C_A)..... | 81 |
| Figura 40. | Gráfica de concentración (C_A)..... | 82 |
| Figura 41. | Gráfica de concentración (C_A)..... | 83 |
| Figura 42. | Gráfica de concentración (C_A)..... | 84 |
| Figura 43. | Gráfica de concentración (C_A) y temperatura (T)..... | 86 |
| Figura 44. | Gráfica de concentración (C_A) y temperatura (T)..... | 87 |
| Figura 45. | Gráfica de concentración (C_A) y temperatura (T)..... | 88 |
| Figura 46. | Gráfica de concentración (C_A) y temperatura (T)..... | 90 |
| Figura 47. | Gráfica de concentración (C_A) y temperatura (T)..... | 91 |

| | | |
|------------|---|-----|
| Figura 48. | Gráfica de concentración (C_A) y temperatura (T) | 92 |
| Figura 49. | Malla del dominio de x y de t | 95 |
| Figura 50. | Distribución de la temperatura en la barra..... | 98 |
| Figura 51. | Contorno de superficie de la temperatura en la barra | 98 |
| Figura 52. | Distribución de temperaturas en la barra | 101 |
| Figura 53. | Distribución de altura de onda (u) de la cuerda vibrante..... | 104 |
| Figura 54. | Placa bidimensional | 105 |
| Figura 55. | Distribución de temperatura y contorno de superficie de placa bidimensional | 107 |
| Figura 56. | Valores de la función objetivo en cada iteración | 114 |
| Figura 57. | Valores de la función objetivo en cada iteración | 116 |
| Figura 58. | Solución al problema de optimización no lineal restringida | 118 |
| Figura 59. | Datos experimentales (fuente propia) y simulación de ecuación diferencial..... | 123 |
| Figura 60. | Datos experimentales y simulación de ecuación diferencial de infectados | 126 |
| Figura 61. | Datos experimentales de la fermentación en archivo Excel | 128 |
| Figura 62. | Datos experimentales y simulados de la fermentación (biomasa, sustrato y producto) | 131 |
| Figura 63. | Datos de la variable T | 134 |
| Figura 64. | Opción para importar datos a Matlab | 134 |
| Figura 65. | Opción para importar datos a Matlab | 135 |
| Figura 66. | Opción para importar datos a Matlab | 135 |
| Figura 67. | Histograma de los datos importados | 136 |
| Figura 68. | Boxplot para la variable T | 137 |
| Figura 69. | Diagrama de dispersión para $T-T$ | 137 |
| Figura 70. | Resultado de Anova de un solo factor..... | 142 |
| Figura 71. | Gráfica del Anova para un solo factor..... | 143 |
| Figura 72. | Comparación de medias | 144 |
| Figura 73. | Resultado de Anova de un solo factor..... | 145 |
| Figura 74. | Datos experimentales para realizar Anova para dos factores..... | 146 |
| Figura 75. | Análisis de varianza de dos factores | 147 |
| Figura 76. | Ubicación de Simulink en barra de herramientas Matlab 2023a..... | 151 |
| Figura 77. | Ventana de acceso de Simulink en Matlab 2023a | 152 |
| Figura 78. | Ventana de <i>Blank Model</i> de Simulink..... | 152 |
| Figura 79. | Ubicación de <i>Library Browser</i> en el <i>Blank Model</i> de Simulink | 152 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Figura 80. | <i>Library Browser</i> de Simulink..... | 153 |
| Figura 81. | Adición de bloques con doble clic de Simulink | 153 |
| Figura 82. | Modelo de suma, resta, multiplicación y división de dos números (A y B)..... | 155 |
| Figura 83. | Modelo de la gráfica de la función $y = \sqrt{2}$ | 156 |
| Figura 84. | Gráfica de la función $y = \sqrt{2}$ | 157 |
| Figura 85. | Opciones de la gráfica de la función $y = \sqrt{2}$ | 157 |
| Figura 86. | Modelo para resolver sistema de ecuaciones lineales | 159 |
| Figura 87. | Modelo para resolver sistema de ecuaciones lineales..... | 160 |
| Figura 88. | Modelo para resolver sistema de ecuaciones no lineales | 161 |
| Figura 89. | Modelo para resolver la ecuación diferencial..... | 162 |
| Figura 90. | Parámetros del bloque Integrator | 162 |
| Figura 91. | Panel de <i>Configuration Parameters</i> | 163 |
| Figura 92. | Gráfica de la variable h | 163 |
| Figura 93. | Gráfica de la variable h | 164 |
| Figura 94. | Parámetros del bloque <i>To Workspace</i> | 164 |
| Figura 95. | Modelo de la ecuación diferencial de segundo orden | 165 |
| Figura 96. | Modelo de la ecuación diferencial de segundo orden | 166 |
| Figura 97. | Modelo de la ecuación diferencial de segundo orden | 166 |
| Figura 98. | Modelo de la ecuación diferencial de segundo orden | 167 |
| Figura 99. | Modelo de la ecuación diferencial de segundo orden | 167 |
| Figura 100. | Modelo de la ecuación diferencial de segundo orden | 168 |
| Figura 101. | Modelo de la ecuación diferencial de segundo orden | 168 |
| Figura 102. | Modelo de la ecuación diferencial de segundo orden | 169 |
| Figura 103. | Respuesta de la variable x | 169 |
| Figura 104. | Respuesta de la variable y | 170 |
| Figura 105. | Modelo del polinomio evaluado | 170 |
| Figura 106. | Parámetros del bloque <i>Polynomial</i> | 171 |
| Figura 107. | Funciones de redondeo | 171 |
| Figura 108. | Funciones de redondeo | 172 |
| Figura 109. | Modelo para hallar la raíz de una función | 172 |
| Figura 110. | Bloque <i>Algebraic Constraint</i> | 173 |
| Figura 111. | Bloque <i>Interpreted Matlab function</i> | 173 |
| Figura 112. | Modelo para hallar raíz real..... | 174 |
| Figura 113. | Bloque <i>Matlab function</i> | 175 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Figura 114. | Bloques para conversión entre escalas de temperaturas | 177 |
| Figura 115. | Parámetros de los bloques para conversión entre escalas de temperaturas | 178 |
| Figura 116. | Modelo de Redlich-Kwong | 179 |
| Figura 117. | <i>Matlab Function</i> en el modelo de Redlich-Kwong..... | 179 |
| Figura 118. | <i>Algebraic Constraint</i> en el modelo de Redlich-Kwong..... | 180 |
| Figura 119. | Modelo adicional para resolver Redlich-Kwong..... | 180 |
| Figura 120. | <i>Subsystem</i> de Redlich-Kwong | 181 |
| Figura 121. | Bloques para calcular los parámetros a y b de Redlich-Kwong | 181 |
| Figura 122. | Bloque de la función polinómica de tercer grado con respecto al volumen..... | 182 |
| Figura 123. | Bloque <i>Algebraic Constraint</i> para entrar valor inicial del volumen..... | 182 |
| Figura 124. | Modelo para graficar P versus V y cálculo de Z | 183 |
| Figura 125. | Configurador de parámetros de Simulink..... | 183 |
| Figura 126. | Código de la <i>Matlab Function</i> | 184 |
| Figura 127. | Gráfica P versus V | 184 |
| Figura 128. | Gráfica Z versus V | 185 |
| Figura 129. | Modelo para cálculo de densidad de un gas por ecuaciones de: Dieterici, Redlich-Kwong y gas ideal..... | 185 |
| Figura 130. | Código de la <i>Matlab Function</i> | 186 |
| Figura 131. | <i>Algebraic Constraint</i> en los modelos de Dieterici y de Redlich-Kwong..... | 186 |
| Figura 132. | Modelo de cálculo de pérdida de energía, Darcy-Weisbach | 187 |
| Figura 133. | <i>Matlab Function</i> en el modelo de cálculo de pérdida de energía..... | 187 |
| Figura 134. | Parámetros del bloque <i>If</i> | 188 |
| Figura 135. | Bloque <i>If Action Subsystem, If</i> | 188 |
| Figura 136. | Interior del bloque <i>If Action Subsystem, If</i> | 189 |
| Figura 137. | Interior de la función del bloque <i>If Action Subsystem, If</i> | 189 |
| Figura 138. | Bloque <i>If Action Subsystem, else</i> | 189 |
| Figura 139. | Interior de bloque <i>If Action Subsystem, else</i> | 190 |
| Figura 140. | Interior de la función del bloque <i>If Action Subsystem, else</i> | 190 |
| Figura 141. | Bloque <i>If Action Subsystem, else if</i> | 190 |
| Figura 142. | Interior de bloque <i>If Action Subsystem, else if</i> | 191 |
| Figura 143. | Interior de la función del bloque <i>If Action Subsystem, else</i> | 191 |
| Figura 144. | Modelo para interpolación de datos simple | 192 |
| Figura 145. | Parámetros del bloque <i>1-D Lookup Table (Table and Breakpoints)</i> | 192 |

| | |
|---|-----|
| Figura 146. Parámetros del bloque <i>1-D Lookup Table (Algorithm)</i> | 193 |
| Figura 147. Datos de calor específico versus temperatura | 193 |
| Figura 148. Ubicación de <i>Import Data en Matlab</i> | 194 |
| Figura 149. Importación de datos en Matlab | 194 |
| Figura 150. Modelo para interpolación de datos..... | 194 |
| Figura 151. Parámetros del bloque <i>1-D Lookup Table (Table and Breokpoints)</i> | 195 |
| Figura 152. Parámetros del bloque <i>1-D Lookup Table (Algorithm)</i> | 195 |
| Figura 153. Modelo de <i>Lookup Table Dynamic</i> | 196 |
| Figura 154. Parámetros del bloque <i>Lookup Table Dynamic</i> | 197 |
| Figura 155. Bloque <i>From Workspace</i> | 197 |
| Figura 156. Parámetros de bloque <i>From Workspace</i> | 197 |
| Figura 157. Modelo para <i>2-D Lookup Table</i> | 198 |
| Figura 158. Parámetros del bloque <i>2-D Lookup Table (Table and Breokpoints)</i> | 199 |
| Figura 159. Parámetros del bloque <i>2-D Lookup Table (Algorithm)</i> | 199 |
| Figura 160. Variable “ <i>h</i> ” creada en el <i>workspace</i> | 200 |
| Figura 161. Modelo del sistema de ecuaciones diferenciales | 201 |
| Figura 162. <i>Matlab Function</i> para el sistema de ecuaciones diferenciales..... | 201 |
| Figura 163. Respuesta de la <i>variable C_A</i> | 202 |
| Figura 164. Respuesta de la <i>variable T</i> | 202 |
| Figura 165. Modelo para la función de transferencia | 203 |
| Figura 166. Parámetros del bloque <i>Transfer Fcn</i> | 203 |
| Figura 167. Parámetros del bloque <i>Step</i> | 204 |
| Figura 168. Parámetros del bloque <i>Ramp</i> | 204 |
| Figura 169. Parámetros del bloque <i>Sine Wave</i> | 205 |
| Figura 170. Parámetros del bloque <i>Pulse Generator</i> | 205 |
| Figura 171. Respuesta escalón de la función de transferencia | 206 |
| Figura 172. Respuesta rampa de la función de transferencia..... | 206 |
| Figura 173. Respuesta senoidal de la función de transferencia | 207 |
| Figura 174. Respuesta pulso de la función de transferencia | 207 |
| Figura 175. Respuesta de todas las perturbaciones de la función de transferencia | 208 |
| Figura 176. Modelo de la función de transferencia de primer orden | 208 |
| Figura 177. Parámetros del bloque <i>Transfer Fcn</i> | 209 |
| Figura 178. Parámetros del bloque <i>Variable Time Delay</i> | 209 |
| Figura 179. Respuesta escalón de las funciones de transferencia..... | 210 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Figura 180. | Modelo del sistema de control retroalimentado | 210 |
| Figura 181. | Parámetros del bloque <i>Transfer Fcn</i> | 211 |
| Figura 182. | Parámetros del bloque <i>PID controller</i> | 211 |
| Figura 183. | Respuesta dinámica del sistema de control retroalimentado ante el cambio de escalón unitario en el <i>set point</i> | 212 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Resumen de ambiente de trabajo de Matlab | 4 |
| Tabla 2. Formatos para escribir números, ejemplo con el número e | 5 |
| Tabla 3. Símbolos utilizados en la función <i>plot</i> | 11 |
| Tabla 4. Símbolos de colores utilizados con <i>plot</i> | 11 |
| Tabla 5. Resumen de funciones para polinomios con Matlab | 25 |
| Tabla 6. Elevación del punto de ebullición (°C) de pulpa de tomate | 37 |
| Tabla 7. Resumen de las principales funciones de interpolación de Matlab | 44 |
| Tabla 8. Datos de infectados por gripe | 124 |
| Tabla 9. Datos de fermentación por lote de jugo de agave | 127 |
| Tabla 10. Datos para realizar Anova..... | 142 |
| Tabla 11. Entalpías del vapor de agua sobrecalentado | 198 |

Sistema de Información en Línea



Al final del libro encontrará la información para ingresar al **Sistema de Información en Línea** - SIL - donde podrá encontrar dos presentaciones en Live Editor de Matlab que complementan, a manera de diapositivas, lo estudiado en el libro. Además, se anexan problemas propuestos al lector como reto a aplicar lo aprendido. Por último, se adiciona un documento que contiene distintos enlaces de lecturas complementarias a los casos reales ilustrados en el libro.

INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios, entre otros propósitos, la ingeniería siempre ha buscado hacer la vida más fácil y cómoda para la humanidad. Su evolución rápida y continua ha permitido alcanzar niveles inimaginables en tiempos antiguos. En medio de su complejidad, la ingeniería es pragmática en sí misma, siempre busca la mejor solución para resolver situaciones de la vida cotidiana en sus diferentes campos de acción. Las metodologías antiguas, extensas y tediosas en la mayoría de los casos permitían el diseño, construcción y puesta en marcha de prototipos, mecanismos, equipos o productos que todavía seguimos disfrutando. Hoy en día, la actualización y el avance constante, producto de mentes brillantes e inquietas, ha generado la disposición de poderosas herramientas informáticas que facilitan la aplicación y optimización de las antiguas y modernas metodologías, todas ellas en la búsqueda del bienestar humano.

Este libro titulado *Matlab y Simulink con aplicaciones a la ingeniería* es una propuesta práctica, útil y dinámica ofrecida por sus autores para los estudiantes y profesionales en los campos clásicos de las ingenierías. Se entrega una obra que logra integrar, en forma sencilla y con fácil entendimiento, los códigos para aplicaciones de las metodologías más empleadas a partir de los métodos numéricos en la solución de problemas típicos a los que se enfrenta un ingeniero en áreas como: alimentos, química, bioquímica, industrial y sistemas. Se exponen estudios de casos comunes con soluciones a partir de diferentes metodologías que permiten evidenciar la multiplicidad y flexibilidad técnica como alternativas paralelas en el complejo, pero fascinante mundo de las matemáticas aplicadas con soporte informático.

En el texto se exponen de manera clara algunas aplicaciones útiles y contextualizadas de metodologías clásicas como Newton-Raphson, Euler y Runge-Kutta que permiten al lector analizar, plantear, desarrollar y aplicar soluciones a fenómenos comunes bajo condiciones específicas en procesos como transporte de fluidos, reacciones químicas, fermentación

alcohólica, entre otros. Se entrega al lector una obra creada con mucha pasión, resultado de años de trabajo que permitieron la acumulación de una vasta experiencia en las aulas y laboratorios, alimentada por el infinito cosmos de la ingeniería siempre lleno de múltiples variables e incógnitas por responder.