

# ÍNDICE

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN .....                                  | 13 |
| NOMENCLATURA .....                                  | 15 |
| 1. RESPUESTA TEMPORAL DE SISTEMAS CONTINUOS .....   | 17 |
| PROBLEMA 1. Respuesta de un sistema. ....           | 18 |
| PROBLEMA 2. Respuesta de un sistema. ....           | 19 |
| PROBLEMA 3. Respuesta de un sistema. ....           | 21 |
| PROBLEMA 4. Respuesta de un sistema. ....           | 22 |
| PROBLEMA 5. Respuesta de un sistema. ....           | 23 |
| PROBLEMA 6. Desintegración de sustancias. ....      | 25 |
| PROBLEMA 7. Respuesta de un sistema. ....           | 26 |
| PROBLEMA 8. Respuesta de un sistema. ....           | 28 |
| PROBLEMA 9. Aplicación de superposición. ....       | 29 |
| PROBLEMA 10. Respuesta de un sistema. ....          | 30 |
| PROBLEMA 11. Identificación de motor. ....          | 31 |
| PROBLEMA 12. Motor de continua. ....                | 32 |
| PROBLEMA 13. Amortiguador de coche. ....            | 35 |
| PROBLEMA 14. Amortiguador de coche II. ....         | 36 |
| PROBLEMA 15. Viscosímetro de bola. ....             | 39 |
| PROBLEMA 16. Viscosímetro de caída de bola II. .... | 41 |
| PROBLEMA 17. Objeto en cazuela ....                 | 43 |
| PROBLEMA 18. Transitorio eléctrico. ....            | 45 |
| PROBLEMA 19. Transitorio eléctrico II. ....         | 47 |
| PROBLEMA 20. Impacto en péndulo. ....               | 50 |
| PROBLEMA 21. Temperatura de jamón. ....             | 52 |
| PROBLEMA 22. Caída por rampa. ....                  | 54 |
| PROBLEMA 23. Lanzamiento de balón. ....             | 56 |

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| 2. RESPUESTA TEMPORAL DE SISTEMAS DISCRETOS .....       | 59  |
| PROBLEMA 24. Identificación de sistema discreto. ....   | 60  |
| PROBLEMA 25. Transformada en Z. ....                    | 61  |
| PROBLEMA 26. Respuesta de un sistema. ....              | 63  |
| PROBLEMA 27. Respuesta de un sistema. ....              | 64  |
| PROBLEMA 28. Respuesta de un sistema. ....              | 65  |
| PROBLEMA 29. Modelo de índice de ozono. ....            | 66  |
| PROBLEMA 30. Modelo de proceso de producción. ....      | 68  |
| PROBLEMA 31. Respuesta de un sistema. ....              | 71  |
| PROBLEMA 32. Respuesta de un sistema. ....              | 73  |
| PROBLEMA 33. Respuesta de un sistema. ....              | 74  |
| PROBLEMA 34. Respuesta de un sistema. ....              | 76  |
| PROBLEMA 35. Respuesta de un sistema. ....              | 77  |
| 3. SISTEMAS CONTINUOS MUESTREADOS .....                 | 81  |
| PROBLEMA 36. Identificación de sistema muestreado. .... | 82  |
| PROBLEMA 37. Identificación de sistema muestreado. .... | 84  |
| PROBLEMA 38. Respuesta de sistema continuo. ....        | 86  |
| PROBLEMA 39. Identificación de sistema muestreado. .... | 88  |
| PROBLEMA 40. Identificación de sistema muestreado. .... | 89  |
| PROBLEMA 41. Aproximación discreta. ....                | 92  |
| 4. SIMPLIFICACIÓN DE DIAGRAMAS DE BLOQUES .....         | 95  |
| PROBLEMA 42. Diagrama de bloques. ....                  | 96  |
| PROBLEMA 43. Diagrama de bloques. ....                  | 97  |
| PROBLEMA 44. Diagrama de bloques. ....                  | 99  |
| PROBLEMA 45. Diagrama de bloques. ....                  | 101 |
| PROBLEMA 46. Diagrama de bloques. ....                  | 104 |
| 5. MODELADO DE SISTEMAS FÍSICOS. LINEALIZACIÓN .....    | 107 |
| PROBLEMA 47. Surtidor de gasolinera. ....               | 108 |
| PROBLEMA 48. Ventilador de continua. ....               | 110 |
| PROBLEMA 49. Boya cónica. ....                          | 113 |
| PROBLEMA 50. Acuario. ....                              | 116 |

---

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| PROBLEMA 51. Émbolo con gas adiabático. ....                   | 121 |
| PROBLEMA 52. Émbolo adiabático con gas II. ....                | 123 |
| PROBLEMA 53. Maqueta de helicóptero. ....                      | 125 |
| PROBLEMA 54. Amortiguador de gas. ....                         | 131 |
| PROBLEMA 55. Levitación magnética. ....                        | 136 |
| PROBLEMA 56. Levitación en chorro de aire. ....                | 142 |
| PROBLEMA 57. Submarino. ....                                   | 146 |
| PROBLEMA 58. Polea con depósito. ....                          | 150 |
| PROBLEMA 59. Depósito con flotador. ....                       | 154 |
| PROBLEMA 60. Invernadero. ....                                 | 159 |
| PROBLEMA 61. Cilindro neumático de simple efecto. ....         | 163 |
| PROBLEMA 62. Émbolo con gas con transmisión de calor. ....     | 167 |
| <br>6. MODELADO DE SISTEMAS DISCRETOS .....                    | 173 |
| PROBLEMA 63. Modelo de utilización de transporte público. .... | 174 |
| PROBLEMA 64. Modelo de préstamo hipotecario. ....              | 176 |
| PROBLEMA 65. Modelo de proceso químico. ....                   | 178 |
| PROBLEMA 66. Modelo de préstamo hipotecario II. ....           | 179 |
| PROBLEMA 67. Modelo de comedor universitario. ....             | 181 |
| <br>7. CONVOLUCIÓN CONTINUA Y DISCRETA .....                   | 185 |
| PROBLEMA 68. Respuesta de sistema continuo. ....               | 186 |
| PROBLEMA 69. Respuesta de sistema continuo. ....               | 186 |
| PROBLEMA 70. Respuesta de sistema continuo. ....               | 188 |
| PROBLEMA 71. Respuesta de sistema continuo. ....               | 189 |
| PROBLEMA 72. Respuesta de sistema continuo. ....               | 191 |
| PROBLEMA 73. Respuesta de sistema continuo. ....               | 192 |
| PROBLEMA 74. Motor de continua. ....                           | 193 |
| PROBLEMA 75. Temperatura de jamón. ....                        | 195 |
| PROBLEMA 76. Respuesta de sistema discreto .....               | 197 |
| PROBLEMA 77. Respuesta de sistema discreto. ....               | 197 |
| PROBLEMA 78. Respuesta de sistema discreto .....               | 198 |
| PROBLEMA 79. Respuesta de sistema discreto .....               | 199 |
| <br>8. REPRESENTACIÓN INTERNA .....                            | 203 |
| PROBLEMA 80. Realimentación del estado discreta. ....          | 204 |
| PROBLEMA 81. Circuito eléctrico. ....                          | 205 |

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| PROBLEMA 82. Circuito con operacionales. ....               | 207 |
| PROBLEMA 83. Circuito con operacionales. ....               | 209 |
| PROBLEMA 84. Transformación de estado. ....                 | 212 |
| PROBLEMA 85. Diagrama de bloques. ....                      | 214 |
| PROBLEMA 86. Circuito con operacionales. ....               | 215 |
| PROBLEMA 87. Circuito con operacionales. ....               | 218 |
| PROBLEMA 88. Representación interna discreta. ....          | 221 |
| PROBLEMA 89. Representación interna discreta.. ....         | 222 |
| <br>9. SISTEMAS CONTINUOS DE SEGUNDO ORDEN .....            | 225 |
| PROBLEMA 90. Identificación de sistema. ....                | 226 |
| PROBLEMA 91. Identificación de sistema. ....                | 228 |
| PROBLEMA 92. Identificación de sistema. ....                | 229 |
| PROBLEMA 93. Características de la respuesta. ....          | 231 |
| PROBLEMA 94. Identificación de sistema. ....                | 234 |
| PROBLEMA 95. Características de la respuesta. ....          | 235 |
| PROBLEMA 96. Identificación de sistema. ....                | 238 |
| PROBLEMA 97. Identificación de sistema. ....                | 239 |
| PROBLEMA 98. Sistema en bucle cerrado.. ....                | 241 |
| PROBLEMA 99. Características de la respuesta. ....          | 242 |
| PROBLEMA 100. Identificación de sistema. ....               | 242 |
| PROBLEMA 101. Sistema en bucle cerrado. ....                | 245 |
| <br>10. RESPUESTA EN FRECUENCIA DE SISTEMAS CONTINUOS ..... | 247 |
| PROBLEMA 102. Filtro paso bajo. ....                        | 248 |
| PROBLEMA 103. Filtro paso bajo II. ....                     | 250 |
| PROBLEMA 104. Decodificador analógico. ....                 | 252 |
| PROBLEMA 105. Diagrama de bode y ancho de banda. ....       | 254 |
| PROBLEMA 106. Compensador en cascada. ....                  | 256 |
| PROBLEMA 107. Filtro para banda. ....                       | 258 |
| PROBLEMA 108. Medición en diagrama de Bode. ....            | 261 |
| PROBLEMA 109. Dibujo de diagrama de Bode. ....              | 263 |
| PROBLEMA 110. Filtro pasa banda. ....                       | 265 |
| PROBLEMA 111. Compensador en serie. ....                    | 267 |
| PROBLEMA 112. Compensador en bucle cerrado. ....            | 269 |
| PROBLEMA 113. Filtro pasa banda. ....                       | 270 |
| PROBLEMA 114. Resonancia de amortiguador de coche. ....     | 273 |
| PROBLEMA 115. Filtro pasa banda. ....                       | 274 |

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| 11. CUESTIONES TEÓRICAS .....                 | 277 |
| CUESTIÓN 116. Clasificación de sistemas. .... | 278 |
| CUESTIÓN 117. Equivalente discreto. ....      | 278 |
| CUESTIÓN 118. Linealización. ....             | 279 |
| CUESTIÓN 119. Modelo de simulación. ....      | 279 |
| CUESTIÓN 120. Clasificación de sistemas. .... | 280 |
| CUESTIÓN 121. Filtros discretos. ....         | 281 |
| CUESTIÓN 122. Sistema en bucle cerrado. ....  | 281 |
| CUESTIÓN 123. Sistema en bucle cerrado. ....  | 282 |
| <br>ANEXO I. TRANSFORMADA DE LAPLACE .....    | 287 |
| <br>ANEXO II. TRANSFORMADA EN Z .....         | 291 |
| <br>ANEXO III. PROBLEMAS PROPUESTOS .....     | 295 |
| <br>BIBLIOGRAFÍA. ....                        | 351 |