










# Índice

<b>PREFACIO</b>	<b>VII</b>
<b>PRÓLOGO</b>	<b>X</b>
<b>CAPÍTULO 1. CÁLCULOS AUTOMATIZADOS</b>	<b>1</b>
<b>1-1. REPRESENTACIÓN BINARIA</b>	<b>9</b>
<b>1-2. OPERACIONES REALIZADAS CON LOS NÚMEROS BINARIOS</b>	<b>12</b>
1-2.1. Operador O lógico ( <i>OR</i> )	13
1-2.2. Operador Y lógico ( <i>AND</i> )	14
<b>1-2.3. Inversor (“<math>\neg</math>”)</b>	<b>15</b>
1-2.4. Operador de Suma	16
1-2.5. Otras Operaciones	18
1-2.6. Errores y tolerancias	20
1-2.7. Precisión de las variables en una computadora personal	21
1-2.8. Errores por truncamiento y errores por redondeo	21
1-2.9. Errores por operación	22
1-2.10. Tolerancia	23
<b>1-3. ARITMÉTICA DE INTERVALOS</b>	<b>24</b>
1-3.1. Definición de un trío	24
1-3.2. Operaciones con tríos	24
<b>1-4. EJEMPLOS RESUELTOS</b>	<b>25</b>
1-4.1. Cálculo con números grandes	25
1-4.2. Cálculos con números decimales	28
1-4.3. Resolución de una ecuación de segundo grado	29
1-4.4. Cálculo de una exponencial mediante un desarrollo en serie	30
1-5.5. Ejemplo de aritmética de intervalos	32
<b>1-5. EJERCICIOS</b>	<b>33</b>
1-5.1. Cambio de base (  ,  )	33
1-5.2. Suma binaria (  ,  )	33
1-5.3. Raíces de una ecuación cuadrática asimétrica (  ,  )	33
1-5.4. Convergencia de una serie (  ,  ,  )	34

1-5.5. Convergencia oscilante de una serie (📄📄,📖📖)	34
1-5.6. Serie no divergente (📄📄📄,📖📖)	33
1-5.7. Lazos enteros o reales (📄,📖📖)	33
1-5.8. Números primos (📄,📖📖)	34
1-5.9. Números perfectos (📄,📖📖)	34
1-5.10. Cuadrados y cubos (📄,📖📖)	34
1-5.11. Número mágico (📄,📖)	35
1-5.12. Proporción áurea (📄,📖📖)	35
1-5.13. Evaluación de la raíz cuadrada de un número (📄,📖)	35
1-5.14. Comparación de resultados (📄,📖)	35
1-5.15. Serie de Fibonacci (📄,📖)	36
<b>1-7. BIBLIOGRAFÍA</b>	36
<b>CAPÍTULO 2. CÁLCULO MATRICIAL Y SISTEMAS LINEALES</b>	<b>37</b>
<b>2-1. DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA</b>	<b>38</b>
<b>2-2. CÁLCULO MATRICIAL</b>	<b>42</b>
2-2.1. Descomposición de Crout-Doolittle-Choleski o método LU	42
2-2.2. Cálculo del determinante por sustitución Gaussiana	44
2-2.3. Matriz inversa por descomposición gaussiana	47
2-2.4. Inversión de una matriz triangular	49
2-2.5. Matriz inversa mediante la descomposición LU	50
2-2.6. Matriz inversa por el método de Pan y Reif	50
2-2.7. Autovalores y autovectores	52
<b>2-2.7.1. Rotación de Jacobi</b>	<b>53</b>
<b>2-3. SISTEMAS LINEALES</b>	<b>55</b>
2-3.1. Resolución por métodos directos	57
<b>2-3.1.1. Método de Gauss o de triangularización</b>	<b>57</b>
<b>2-3.1.2. Método de Gauss-Jordan o de diagonalización</b>	<b>60</b>
<b>2-3.1.3. Método de Gauss para matrices simétricas</b>	<b>63</b>
<b>2-3.1.4. Método de Thomas para matrices tridiagonales</b>	<b>65</b>
<b>2-3.1.5. Aplicación del método LU a la solución de sistemas lineales</b>	<b>68</b>
2-3.2. Resolución por métodos iterativos	69
<b>2-3.2.1. Método iterativo de Jacobi</b>	<b>69</b>
<b>2-3.2.2. Método iterativo de Gauss-Seidel</b>	<b>70</b>
<b>2-3.2.3. Método de relajación</b>	<b>71</b>
<b>2-3.2.4. Mejora iterativa de una solución</b>	<b>72</b>

## 2-4. CONDICIÓN DE UNA MATRIZ 73

### 2-5. EJEMPLOS RESUELTOS

- 2-5.1. Cálculo del determinante y de la condición de la matriz de Hilbert (3x3) 77
- 2-5.2. Resolución simultánea de sistemas lineales (📄📄,📖📖) 79
- 2-5.3. Resolución de sistemas lineales por vía directa 83
- 2-5.4. Barra metálica lineal sometida a una diferencia de temperatura (📄,📖) 85

### 2-6. EJERCICIOS

- 2-6.1. Matriz no singular (📄,📖) 88
- 2-6.2. Descomposición LU (📄📄,📖) 88
- 2-6.3. Eliminación gaussiana con ecuaciones dependientes (📄,📖) 89
- 2-6.4. Solución con números truncados (📄📄,📖) 89
- 2-6.5. Resolución de sistemas de ecuaciones por Gauss (📄,📖) 89
- 2-6.6. Balance de materia en sistema reactante (📄,📖) 89
- 2-6.7. Conservación del calor en una mezcla (📄📄,📖📖📖) 90
- 2-6.8. Equilibrio de una estructura estática (📄,📖📖) 90
- 2-6.9. Matriz de Vandermonde (📄📄📄,📖📖📖) 92
- 2-6.10. Sistemas lineales tridiagonales (📄📄,📖) 92
- 2-6.11. Resolución de sistemas lineales por vía iterativa (📄📄,📖📖📖) 92
- 2-6.12. Comparación de métodos (📄📄,📖📖) 93
- 2-6.13. Sistema lineal mal condicionado (📄📄📄,📖📖) 93

### 2-7. BIBLIOGRAFÍA

94

## CAPÍTULO 3. RESOLUCIÓN DE ECUACIONES IMPLÍCITAS

95

### 3-1. MÉTODOS CON DOS PUNTOS INICIALES

97

- 3-1.1. Método de la bisección 98
- 3-1.2. Método de interpolación lineal o Regula-Falsi 100
- 3-1.3. Métodos mejorados con dos puntos iniciales 101

### 3-2. MÉTODOS CON UN PUNTO INICIAL

103

- 3-2.1. Método de Newton-Raphson 103
- 3-2.2. Método del punto fijo 105
- 3-2.3. Métodos de segundo orden 107
- 3-2.4. Raíces múltiples 108

### 3-3. MÉTODOS MULTIVARIABLES

110

- 3-3.1. Método de Newton Raphson multivariable 110

3-3.2. Método del punto fijo multivariable	111
<b>3-4. CASO PARTICULAR DE LOS POLINOMIOS</b>	<b>113</b>
3-4.1. Operaciones con polinomios	113
3-4.2. Raíces de polinomios de segundo y tercer grado	115
3-4.3. Raíces de polinomios por el método de Bairstow	117
3-4.4. Raíces de polinomios por el método Cociente-diferencia	118
<b>3-5. EJEMPLOS RESUELTOS</b>	<b>119</b>
3-5.1. Resolución de la función $\tan(x)=x$ entre $\pi/2$ y $5\pi/2$	119
Programa	120
Resultados	122
3-5.2. Solución de una ecuación de estado por varios métodos	124
3-5.3. Solución de un ejemplo con métodos mixtos	126
Programa	128
Resultados	129
3-5.4. Punto de burbuja de una mezcla binaria	131
3-5.5. Solución de un sistema de dos ecuaciones implícitas	132
<b>3-6. EJERCICIOS</b>	<b>134</b>
3-6.1. Solución gráfica (📊, 📖)	134
3-6.2. Raíces de ecuaciones periódicas por el método de Newton (📊, 📖)	134
3-6.3. Raíces de una ecuación con términos logarítmicos (📊, 📖)	134
3-6.4. Otra forma de calcular raíces cuadradas (📊, 📖)	134
3-6.5. Raíces de una ecuación trascendental (📊📊, 📖📖)	134
3-6.6. Dominio de convergencia (📖)	135
3-6.7. Método de Bairstow (📊📊, 📖📖📖)	135
3-6.8. Raíces de la ecuación de estado de Peng-Robinson (📊📊, 📖📖)	135
3-6.9. Raíces de las ecuaciones de estado de Redlich-Kwong y Benedict-Webb-Rubbin (📊📊, 📖📖)	136
3-6.10. Raíces de la ecuación de estado de Desantis (📊, 📖)	136
3-6.11. Raíces de un polinomio (📊, 📖)	136
3-6.12. Cálculo de la fracción vaporizada de una mezcla líquido-vapor (📊📊, 📖📖)	137
3-6.13. Temperatura de rocío de una mezcla de hidrocarburos (📊📊, 📖📖)	137
3-6.14. Comparación del método iterativo con el de Newton-Raphson (📊📊, 📖)	137
3-6.15. Cálculo de la temperatura de equilibrio (📊, 📖)	138
3-6.16. Raíces de una ecuación exponencial (📊, 📖)	138

3-6.17. Cálculo de pérdidas de calor (📖,📖)	138
3-6.18. Coeficiente de fricción en tuberías (📖📖,📖📖)	138
3-6.19. Evaluación del coeficiente de transferencia de calor por convección (📖📖,📖📖)	138
3-6.20. Ecuaciones con reacción química (📖📖,📖📖)	139
3-6.21. Intereses compuestos (📖,📖)	140
3-6.22. Columna con carga axial de compresión (📖,📖)	140
3-6.23. Resistencia de un eje transmisor de momento (📖,📖)	141
3-6.24. Comparación entre los métodos iterativo y Newton-Raphson multivariable (📖📖,📖📖)	142
3-6.25. Método de Newton-Raphson multivariable (📖📖,📖📖)	142
3-6.24. Sistemas de ecuaciones (📖📖,📖📖)	142
<b>3-7. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>143</b>
<b>CAPÍTULO 4. INTERPOLACIÓN Y APROXIMACIÓN</b>	<b>145</b>
<b>4-1. INTERPOLACIÓN</b>	<b>146</b>
4-1.1. Polinomios de interpolación de Newton	147
4-1.1.1. <i>Expresión de Newton diagonal hacia adelante</i>	151
4-1.1.2. <i>Expresión de Newton diagonal hacia atrás</i>	153
4-1.1.3. <i>Expresión de Newton zig-zag hacia adelante</i>	154
4-1.1.4. <i>Expresión de Newton zig-zag hacia atrás</i>	155
4-1.1.5. <i>Comentarios generales sobre los polinomios de interpolación de Newton</i>	156
4-1.2. Polinomios de interpolación de Lagrange	157
4-1.3. Método de la plantilla o “spline”	158
4-1.3.1. Método de la plantilla cúbica	159
4-1.3.2. Curvas de Bézier	164
<b>4-2. APROXIMACION</b>	<b>167</b>
4-2.1. Regresión por el método de los mínimos cuadrados	168
4-2.1.1. <i>Regresión lineal</i>	168
4-2.1.2. <i>Regresión polinómica</i>	171
4-2.1.3. <i>Regresión multifunción multivariable</i>	173
4-2.1.4. <i>Regresión con peso</i>	176
4-2.2. Curvas B-spline	178
4-2.3. Coeficientes de regresión	180

4-2.4. Método “Golden Search” o de la proporción áurea	182
<b>4-3. EJEMPLOS RESUELTOS</b>	<b>183</b>
4-3.1. Polinomio de interpolación de Newton	183
4-3.2. Polinomio de interpolación de Lagrange	187
4-3.3. Interpolación por el método de la plantilla cúbica (“spline”)	188
4-3.4. Recuperación de un dato perdido	190
4-3.5. Aproximación exponencial por el método de los mínimos cuadrados	191
4-3.6. Aproximación por una serie de Fourier	191
<b>4-4. EJERCICIOS</b>	<b>194</b>
4-4.1. Interpolación para el número de Prandtl (📄,📖)	194
4-4.2. Interpolación de los valores de una tabla (📄,📖)	194
4-4.3. Interpolación de los puntos de ebullición (📄,📖📖)	195
4-4.4. Método de los mínimos cuadrados (📄📄,📖📖)	195
4-4.5. Cálculo de la presión de saturación (📄📄,📖📖)	195
4-4.6. Cinética de una reacción (📄📄,📖📖📖)	195
4-4.7. Cálculo de la densidad de una sustancia (📄📄,📖📖)	196
4-4.8. Velocidad de reacción (📄📄📄,📖📖)	196
4-4.9. Variación del factor de intensidad de esfuerzo en un eje con entalla (📄,📖)	196
<b>4-5. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>198</b>
<b>CAPÍTULO 5. DERIVACIÓN E INTEGRACIÓN</b>	<b>199</b>
<b>5-1. DERIVACIÓN</b>	<b>200</b>
5-1.1. Fórmulas de derivación utilizando polinomios de interpolación	201
5-1.1.1. Primera derivada ( $f'(x)$ )	201
5-1.1.2. Segunda derivada ( $f''(x)$ )	204
5-1.1.3. Generalización	204
5-1.2. Fórmula de extrapolación de Richardson	209
5-1.3. Derivación a partir de una tabla de datos	210
<b>5-2. INTEGRACION</b>	<b>211</b>
5-2.1. Integración mediante el uso de polinomios de interpolación	213
5-2.1.1. Integración por los trapecios ( $n=1$ )	214
5-2.1.2. Integración por Simpson ( $n=2$ )	215
5-2.1.3. Generalización	216

5-2.1.4. Fórmulas abiertas	217
5-2.2. Método de Romberg	218
5-2.3. Integración a partir de una tabla de datos	220
5-2.4. Cuadratura Gaussiana	220
5-2.4.1. Cuadratura de Gauss-Legendre	221
5-2.4.2. Otras cuadraturas gaussianas	223
5-2.5. Integración de funciones de varias variables	223
5-2.5.1. Integrales dobles	224
5-2.5.2. Integrales triples	224
<b>5-3. EJEMPLOS RESUELTOS</b>	<b>224</b>
5-3.1. Método de los trapecios	224
5-3.2. Método de Romberg	225
5-3.3. Integración y Derivación	226
5-3.4. Método de cuadratura: Gauss-Legendre	229
<b>5-4. EJERCICIOS</b>	<b>229</b>
5-4.1. Derivación numérica (📄,📖)	229
5-4.2. Derivación de una función conocida (📄,📖)	230
5-4.3. Integración numérica (📄,📖)	230
5-4.4. Comparación métodos de integración numérica (📄📄,📖)	230
5-4.5. Integración múltiple (📄📄,📖📖📖)	231
5-4.6. Cálculo del cambio de entalpía (📄📄,📖📖)	231
5-4.7. Cálculo de una integral (📄📄,📖📖)	231
5-4.8. Cálculo de posición (📄📄📄,📖📖📖)	232
5-4.9. Altura equivalente de una columna (📄📄📄,📖📖📖)	232
5-4.10. Cálculos de ciclos de fatiga en una grieta (📄,📖)	233
5-4.11. Reactor de flujo pistón (📄📄📄,📖📖📖)	233
<b>5-5. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>234</b>
<b>CAPÍTULO 6. ECUACIONES DIFERENCIALES:</b>	
<b>EL PROBLEMA DEL VALOR INICIAL</b>	<b>235</b>
<b>6-1. INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA DEL VALOR INICIAL</b>	<b>237</b>
6-1.1. Definiciones básicas	237
6-1.2. EDO de primer orden	238
6-1.3. EDO de cualquier orden	239
<b>6-2. MÉTODO DE TAYLOR</b>	<b>240</b>

6-2.1. Método de Euler hacia adelante o de Taylor de primer orden	241
6-2.2. Método de Euler hacia atrás	244
6-2.3. Método de Euler modificado	245
6-2.4. Métodos de Taylor de orden mayor que uno	246
<b>6-3. MÉTODOS DE RUNGE-KUTTA</b>	<b>248</b>
6-3.1. Método de Runge-Kutta de segundo orden	249
6-3.2. Método de Runge-Kutta de cualquier orden	251
6-3.3. Método de Runge-Kutta de cuarto orden	255
6-3.4. Método de Runge-Kutta-Fehlberg de cuarto orden	259
6-3.5. Método de Runge-Kutta-Verner de quinto orden	260
<b>6-4. MÉTODOS MULTIPASOS</b>	
<b>Y MÉTODOS PREDICTOR-CORRECTOR</b>	<b>261</b>
6-4.1. Método de Milne	264
6-4.2. Métodos de Adams-Bashforth-Moulton	266
6-4.3. Generalización	269
<b>6-5. EJEMPLOS RESUELTOS</b>	<b>271</b>
6-5.1. Método de Euler y de Euler modificado	271
6-5.2. Método de Butcher implícito de segundo orden	273
6-5.3. Sistemas de ecuaciones rígidas y estabilidad	275
<b>6-6. EJERCICIOS</b>	<b>279</b>
6-6.1. Métodos de Euler y de Runge-Kutta (☐☐,☐☐☐)	279
6-6.2. Desarrollo teórico del método de Euler modificado (☐☐)	280
6-6.3. Fórmula de Adams-Moulton de tercer orden (☐☐☐,☐☐☐)	280
6-6.4. Relación de Clausius-Clapeyron (☐,☐☐)	280
6-6.5. Movimiento potencial frenado (☐☐,☐☐☐)	281
6-6.6. Reactor de mezcla completa (☐☐,☐☐☐)	281
6-6.7. Reacciones deseadas y no deseadas (☐☐,☐☐☐)	281
6-6.8. Reacciones químicas competitivas (☐☐☐,☐☐☐)	282
6-6.9. Proyecto general (☐☐,☐☐☐)	282
6-6.10. Recipiente a presión sometido a alta temperatura (☐☐☐,☐☐☐☐)	283
<b>6-7. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>284</b>