

# ÍNDICE

<b>PRÓLOGO</b> .....	<b>XI</b>
<b>CAPÍTULO 1. OPTIMIZACIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Introducción .....	1
1.2. Métodos clásicos de optimización .....	3
1.2.1. Método del gradiente descendiente .....	3
1.2.1.1. Cálculo del gradiente .....	4
1.2.1.2. Ejemplo computacional en Matlab .....	5
1.2.2. Métodos newtonianos .....	8
1.2.2.1. Ejemplo computacional en Matlab .....	11
1.3. Cómputo metaheurístico .....	13
1.3.1. Procedimiento genérico de un método metaheurístico .....	18
1.4. Explotación y exploración .....	19
1.5. Aceptación y selección probabilística .....	20
1.5.1. Aceptación probabilística .....	20
1.5.2. Selección probabilística .....	21
1.6. Búsqueda aleatoria .....	23
1.6.1. Ejemplo computacional en Matlab .....	24
1.7. Temple simulado .....	27
1.7.1. Ejemplo computacional en Matlab .....	31
<b>CAPÍTULO 2. ALGORITMO GENÉTICO (GA)</b> .....	<b>35</b>
2.1. Inspiración de diseño del algoritmo GA .....	35
2.2. Estrategia de búsqueda del algoritmo GA .....	37
2.2.1. Estructura de la población .....	40
2.2.2. Inicialización .....	42
2.2.3. Selección .....	42
2.2.3.1. Selección proporcional .....	43
2.2.3.2. Selección por rangos .....	47
2.2.3.3. Selección por torneo .....	48
2.2.4. Cruzamiento .....	48
2.2.5. Mutación .....	50
2.3. Procedimiento computacional del algoritmo GA .....	51

2.3.1. Implementación de operadores del algoritmo GA.....	52
2.3.2. Procedimiento general del algoritmo GA.....	54
2.4. Implementación en Matlab® del algoritmo GA.....	55
2.5. Aplicación del algoritmo GA.....	59
<b>CAPÍTULO 3. ALGORITMO EVOLUCIÓN DIFERENCIAL (DE).....</b>	<b>67</b>
3.1. Inspiración de diseño del algoritmo DE.....	67
3.2. Estrategia de búsqueda del algoritmo DE.....	68
3.2.1. Estructura de la población.....	71
3.2.2. Inicialización.....	72
3.2.3. Mutación.....	72
3.2.4. Cruce.....	76
3.2.5 Selección.....	78
3.3. Procedimiento computacional del algoritmo DE.....	78
3.3.1. Implementación de operadores del algoritmo DE.....	79
3.3.2. Procedimiento general del algoritmo DE.....	81
3.4. Implementación en Matlab® del algoritmo DE.....	82
3.5. Aplicación del algoritmo DE.....	85
<b>CAPÍTULO 4. ESTRATEGIAS EVOLUTIVAS.....</b>	<b>91</b>
4.1. Inspiración del diseño del algoritmo.....	91
4.2. Estrategia de búsqueda del algoritmo (1+1) ES.....	92
4.2.1. Inicialización.....	93
4.2.2. Mutación.....	93
4.2.3 Selección.....	95
4.3. Procedimiento computacional del algoritmo (1+1) ES.....	95
4.3.1. Descripción del algoritmo.....	96
4.4. Implementación en MATLAB del algoritmo (1+1) ES.....	97
4.5. Variantes del Algoritmo de Estrategias Evolutivas.....	100
4.5.1. (1+1) ES adaptativo.....	100
4.5.2. $(\mu+1)$ ES.....	107
4.5.3. $(\mu + \lambda)$ ES.....	117
4.5.4. $(\mu, \lambda)$ ES.....	120
4.5.5. $(\mu, \alpha, \lambda, \beta)$ ES.....	125
4.5.6. $(\mu + \lambda)$ ES y $(\mu, \lambda)$ ES adaptativo.....	126
<b>CAPÍTULO 5. OPTIMIZACIÓN POR ENJAMBRE DE PARTÍCULAS.....</b>	<b>139</b>
5.1. Inspiración del diseño del algoritmo.....	139
5.2. Estrategia de búsqueda del algoritmo PSO.....	141
5.2.1. Inicialización.....	141

5.2.2. Velocidad de las partículas .....	142
5.2.3. Movimiento de las partículas .....	144
5.3. Procedimiento computacional del algoritmo PSO .....	144
5.3.1. Descripción del algoritmo .....	145
5.4. Implementación en Matlab del algoritmo PSO .....	149
5.5. Aplicaciones del algoritmo PSO .....	152
5.5.1. Aplicación del PSO a problemas sin restricciones .....	152
Ejemplo 5.1 .....	153
5.5.2. Aplicación del PSO a problemas con restricciones .....	155
Ejemplo 5.2 .....	156
<b>CAPÍTULO 6. COLONIA DE ABEJAS ARTIFICIALES .....</b>	<b>163</b>
6.1. Inspiración natural del algoritmo ABC .....	164
6.2. Estrategia de búsqueda del algoritmo ABC .....	165
6.2.1. Fuentes de alimento .....	166
6.2.2. Abejas empleadas .....	167
Ejemplo 6-1 .....	168
6.2.3. Abejas observadoras .....	172
Ejemplo 6-2 .....	173
6.2.4. Abejas exploradoras .....	174
Ejemplo 6-3 .....	175
6.3. Procedimiento computacional del algoritmo ABC .....	176
6.4. Implementación en Matlab® del algoritmo ABC .....	178
6.5. Algoritmo ABC aplicado al diseño de resortes de tensión y compresión .....	182
<b>CAPÍTULO 7. OPTIMIZACIÓN POR COLONIA DE HORMIGAS .....</b>	<b>189</b>
7.1. Inspiración natural del algoritmo ACO .....	190
7.2. Estrategia de búsqueda del algoritmo ACO .....	190
7.2.1. Probabilidades de transición de estados .....	191
Ejemplo 7-1 .....	192
7.2.2. Rastro de feromonas .....	195
Ejemplo 7-2 .....	196
7.2.3. Actualización de la densidad de feromonas .....	199
Ejemplo 7-3 .....	200
7.3. Procedimiento computacional del algoritmo ACO .....	203
7.4. Implementación en Matlab® del algoritmo ACO .....	205
<b>CAPÍTULO 8. ALGORITMO CUCKOO SEARCH (CS) .....</b>	<b>209</b>
8.1. Inspiración de diseño del algoritmo CS .....	209
8.2. Estrategia de búsqueda del algoritmo CS .....	211

8.2.1. Estructura de la población.....	213
8.2.2. Inicialización .....	214
8.2.3. Vuelo de Lévy .....	215
8.2.4. Reemplazo de las soluciones.....	217
8.2.5 Selección elitista .....	218
8.3. Procedimiento computacional del algoritmo CS.....	219
8.4. Implementación de operadores del algoritmo CS.....	220
8.4.1. Procedimiento general del algoritmo CS.....	222
8.5. Implementación en Matlab® del algoritmo CS.....	223
8.6. Aplicación del algoritmo CS .....	227
<b>CAPÍTULO 9. ALGORITMO DE BÚSQUEDA DE CUERVOS (CSA).....</b>	<b>235</b>
9.1. Inspiración de diseño del algoritmo CSA .....	236
9.2. Estrategia de búsqueda del algoritmo CSA .....	237
9.2.1. Estructura de la población.....	241
9.2.2. Inicialización .....	242
9.2.3. Comportamiento de persecución.....	243
9.2.4. Comportamiento evasivo .....	244
9.3. Procedimiento computacional del algoritmo CSA.....	246
9.3.1. Implementación de operadores del algoritmo CSA .....	247
9.3.2. Procedimiento general del algoritmo CSA .....	249
9.4. Implementación en Matlab® del algoritmo CSA .....	250
9.5. Aplicación del algoritmo CSA.....	253
<b>CAPÍTULO 10. ALGORITMO DE OPTIMIZACIÓN DE LA POLILLA-FLAMA .....</b>	<b>261</b>
10.1. Inspiración del diseño del algoritmo .....	261
10.2. Estrategia de búsqueda del algoritmo MFO.....	263
10.2.1. Inicialización .....	263
10.2.2. Orientación transversal .....	264
10.2.3. Otros mecanismos para el balance de la exploración-explotación.....	266
10.2.4. Variantes del MFO .....	268
10.3. Procedimiento computacional del algoritmo MFO .....	269
10.3.1. Descripción del algoritmo.....	270
10.4. Implementación en Matlab® del algoritmo MFO.....	274
10.5. Aplicaciones del algoritmo MFO.....	277
10.5.1. Aplicación del MFO a problemas sin restricciones.....	278
Ejemplo 10.1.....	278
10.5.2. Aplicación del MFO a problemas con restricciones .....	282
Ejemplo 10.2.....	283

<b>CAPÍTULO 11. OPTIMIZADOR DEL LOBO GRIS .....</b>	<b>291</b>
11.1. Inspiración natural del algoritmo GWO .....	291
11.2. Estrategia de búsqueda del algoritmo GWO .....	293
11.2.1. Jerarquía social .....	293
Ejemplo 11-1 .....	293
11.2.2. Movimiento de la jauría .....	295
Ejemplo 11-2 .....	296
11.3. Procedimiento computacional del algoritmo GWO .....	301
11.4. Implementación en Matlab® del algoritmo GWO .....	303
11.5. Algoritmo GWO aplicado al diseño de vigas soldadas .....	306
<b>CAPÍTULO 12. ALGORITMO DE BÚSQUEDA GRAVITACIONAL .....</b>	<b>313</b>
12.1. Inspiración natural del algoritmo GSA .....	314
12.2. Estrategia de búsqueda del algoritmo GSA .....	315
12.2.1. Masas del sistema .....	315
Ejemplo 12-1 .....	316
12.2.2. Fuerzas de atracción gravitacional y aceleración .....	318
Ejemplo 12-2 .....	319
12.2.3. Desplazamiento de las masas del sistema .....	322
Ejemplo 12-3 .....	323
12.3. Procedimiento computacional del algoritmo GSA .....	324
12.4. Implementación en Matlab® del algoritmo GSA .....	326
12.5. Algoritmo GSA aplicado al diseño de entramados de tres barras .....	329
<b>CAPÍTULO 13. BÚSQUEDA DE LOS ESTADOS DE LA MATERIA .....</b>	<b>335</b>
13.1. Inspiración natural del algoritmo SMS .....	336
13.2. Estrategia de búsqueda del algoritmo SMS .....	337
13.2.1. Etapas del algoritmo SMS .....	337
13.2.2. Movimiento molecular .....	339
Ejemplo 13-1 .....	340
13.2.3. Colisiones moleculares .....	344
Ejemplo 13-2 .....	345
13.2.4. Comportamiento aleatorio .....	348
13.3. Procedimiento computacional del algoritmo SMS .....	348
13.4. Implementación en Matlab® del algoritmo SMS .....	350
13.5. Algoritmo SMS aplicado al diseño de trenes de cuatro engranajes .....	354
<b>CAPÍTULO 14. ALGORITMO DEL SENO-COSENSO .....</b>	<b>359</b>
14.1. Introducción .....	359
14.2. Estrategia de búsqueda del algoritmo SCA .....	359

14.3. Análisis del algoritmo SCA .....	361
14.4. Análisis de complejidad del algoritmo SCA .....	365
14.5. Implementación en Matlab® del SCA .....	369
14.6. Aplicación del algoritmo SCA.....	377
14.7. Comparación de desempeño entre los algoritmos SCA, PSO y GA .....	380
14.7.1. Funciones objetivo .....	381
14.7.2. Resultados de las simulaciones .....	389
14.7.3. Análisis de Wilcoxon.....	394
<b>ÍNDICE ANALÍTICO.....</b>	<b>399</b>