

Centro de Investigación en Cómputo  
Instituto Politécnico Nacional  
Metaheurísticas  
Actividad No. 9  
Solución de problemas mediante Recocido Simulado  
Curso impartido por: Dra Yenny Villuendas Rey

Adrian González Pardo

27 de octubre de 2020

## 1. Funciones a optimizar con SA

Función a evaluar	Forma o descripción de la función
Alpine Function	$f_1(x) = \sum_{i=1}^D  x_i \sin(x_i) + 0,1x_i $
Dixon & Price Function	$f_2(x) = (x_1 - 1)^2 \sum_{i=2}^D i (2 \sin(x_i) - x_{i-1})^2$
Quintic Function	$f_3(x) = \sum_{i=1}^D  x_i^5 - 3x_i^4 + 4x_i^3 - 2x_i^2 - 10x_i - 4 $
Schwefel 2.23 Function	$f_4(x) = \sum_{i=1}^D x_i^{10}$
Stretched V Sine Wave Function	$f_5(x) = \sum_{i=1}^{D-1} (x_{i+1}^2 + x_i^2)^{0,25} [\sin^2 \{50(x_{i+1}^2 + x_i^2)^{0,1}\} + 1]$
Sum Squares Function	$f_6(x) = \sum_{i=1}^D ix_i^2$

## 2. Código de implementación

El código fue implementado en lenguaje Ruby para el cálculo de las funciones en  $D$  dimensiones y a través de 1 índice se determina la selección de que función se trabajara.

### 2.1. Función que selecciona que $f(x)$ trabajara

```
1 # Recibe indice de cual funcion trabajara
2 def evaluar(index)
3   if index==0
4     return evaluar_alpine
5   elsif index==1
6     return evaluar_dixon
7   elsif index==2
8     return evaluar_quintic
9   elsif index==3
10    return evaluar_schwefel
11  elsif index==4
12    return evaluar_stretched
13  elsif index==5
14    return evaluar_sum_squares
15  else
16    return 0
17  end
18 end
```

### 2.2. Función Alpine

```
1 def evaluar_alpine()
2   func=0
3   @lista_xi.each{|i|
4     func+= (i*Math.sin(i)+0.1*i).abs
5   }
6   func
7 end
```

### 2.3. Función Dixon & Price

```
1 def evaluar_dixon()
2   func=(@lista_xi[0]-1)**2
3   for i in 1..(@dimension-1)
4     func+=(i+1)*((2*Math.sin(@lista_xi[i])-@lista_xi[i-1])**2)
5   end
6   func
7 end
```

### 2.4. Función Quintic

```
1 def evaluar_quintic()
2   func=0
3   @lista_xi.each{|i|
4     func+=((i**5)-3*(i**4)+4*(i**3)-2*(i**2)-10*i-4).abs
5   }
6   func
7 end
```

### 2.5. Función Schwefel

```
1 def evaluar_schwefel()
2   func=0
3   @lista_xi.each{|i|
4     func+=i**10
5   }
6   func
7 end
```

```

5 }
6 func
7 end

```

## 2.6. Función Stretched

```

1 def evaluar_stretched()
2     func=0
3     for i in 0..(@dimension-2)
4         func+=(((@lista_xi[i+1]**2)+(@lista_xi[i]**2))*0.25)*((Math.sin(50*((@lista_xi[i+1]**2)+(
5             @lista_xi[i]**2))*0.1))**2+0.1)
6     end
7     func
8 end

```

## 2.7. Función Sum Squares

```

1 def evaluar_sum_squares()
2     func=0
3     @lista_xi.each_with_index{|i,j|
4         func+= (j+1)*(i**2)
5     }
6     func
7 end

```

# 3. Tabla de resultados

## 3.1. Tabla 1:

	Valor					Tiempo (ms)				
Funcion	Mejor	Peor	Promedio	Mediana	Desviación	Mejor	Peor	Promedio	Mediana	Desviación
f1	2,46	39,06	11,9615	5,935	11,82	1,80	6,10	10,83	3,17	1,20
f2	15,92	305,61	78,1595	40,83	78,91	2,32	7,32	80,31	4,58	1,24
f3	10,22	73655,88	19758,2415	8887,275	24064,29	3,33	10,13	20532,96	6,50	1,92
f4	0,06	9833680424	683978519	391508,505	2210189138,52	1,27	4,32	719977378,87	2,43	0,81
f5	2,26	17,8	5,831	3,525	4,30	4,66	11,54	5,62	7,47	1,92
f6	8,28	1540,56	489,1315	391,19	431,08	1,86	6,01	487,40	3,13	1,29
Prom	6,533333333	1638959331	113999810,4	66806,21	368368954,82	2,54	7,57	119999749,33	4,54	1,40
	Valor D	10								

  

	Valor					Tiempo (ms)				
Funcion	Mejor	Peor	Promedio	Mediana	Desviación	Mejor	Peor	Promedio	Mediana	Desviación
f1	11,1	97,67	29,91	22,83	22,01	3,79	11,36	7,27	7,32	2,22
f2	402,44	1455,58	936,32	899,655	326,21	5,27	15,65	9,98	10,29	2,64
f3	197,51	67648,97	16062,81	1484,375	22117,49	9,37	19,33	15,35	16,00	2,83
f4	220,01	5671352416	559007799,62	936436,13	1415330974,13	2,62	7,53	4,30	3,91	1,28
f5	9,46	39,06	18,40	14,845	8,78	10,42	26,76	16,93	17,20	4,08
f6	518,7	3391,21	1629,61	1436,575	879,17	3,36	11,58	7,19	6,74	2,19
Prom	226,5366667	945237508,1	93171079,44	156715,735	235892387,97	5,81	15,37	10,17	10,24	2,54
	Valor D	30								

Tablas de evaluación con  $D = 10$  y  $D = 30$

### 3.2. Tabla 2:

#### 3.2.1. Alpine

Alpine						
Iteracion	Valor minimo obtenido	Temperatura	Iteracion	Mejor minimo	Cambio	D
1	33,54	179,91	2	33,54	FALSE	10
2	26,82	14,06	2	26,82	FALSE	10
3	6,41	0,11	2	6,41	FALSE	10
4	10,46	0,11	2	10,46	FALSE	10
5	3,68	0,01	3	3,68	FALSE	10
6	5,77	0,27	2	5,77	FALSE	10
7	15,5	6,08	2	15,06	TRUE	10
8	4,6	0,01	2	4,6	FALSE	10
9	3,32	0,01	3	3,32	FALSE	10
10	2,59	0,01	3	2,59	FALSE	10
11	2,46	0,01	3	2,46	FALSE	10
12	8,17	0,19	2	8,13	TRUE	10
13	3,59	0,01	3	3,59	FALSE	10
14	18,81	2,28	2	16,54	TRUE	10
15	6,1	0,01	3	6,1	FALSE	10
16	35,72	69,8	2	34,19	TRUE	10
17	3,06	0,02	2	3,06	FALSE	10
18	4,94	0,01	3	4,94	FALSE	10
19	4,63	5,2	2	4,63	FALSE	10
20	39,06	43,86	2	39,06	FALSE	10
1	27,08	0,51	2	27,08	FALSE	30
2	30,32	0,33	2	30,32	FALSE	30
3	22,86	0,01	3	22,86	FALSE	30
4	17,79	0,01	3	17,79	FALSE	30
5	17,45	0,01	2	17,45	FALSE	30
6	97,67	78,07	2	95,94	TRUE	30
7	13,41	0,01	3	13,41	FALSE	30
8	11,1	0,01	3	11,1	FALSE	30
9	42,74	1,47	2	39,39	TRUE	30
10	14,81	0,02	2	14,78	TRUE	30
11	29	0,39	2	27,75	TRUE	30
12	14,07	0,01	3	14,07	FALSE	30
13	18,93	0,01	3	18,93	FALSE	30
14	38,22	0,88	2	38,22	FALSE	30
15	26,95	0,29	2	26,95	FALSE	30
16	22,8	0,15	2	22,8	FALSE	30
17	20,65	0,01	3	20,65	FALSE	30
18	19,45	0,01	3	19,45	FALSE	30
19	27,94	0,07	2	27,94	FALSE	30
20	84,89	129,2	2	82,69	TRUE	30

### 3.2.2. Dixon & Price

Dixon						
Iteracion	Valor minimo obtenido	Temperatura	Iteracion	Mejor minimo	Cambio	D
1	37,29	0,01	3	37,22	TRUE	10
2	221,47	30,67	2	221,4	TRUE	10
3	19,78	0,32	2	19,7	TRUE	10
4	42,97	0,01	3	42,97	FALSE	10
5	30,49	1,16	2	30,4	TRUE	10
6	305,61	48,94	2	: 305,	TRUE	10
7	130,05	0,01	3	130	TRUE	10
8	111,13	6,68	2	: 111,	TRUE	10
9	15,92	2,65	2	15,7	TRUE	10
10	27,42	0,01	3	27,4	TRUE	10
11	62,9	0,01	3	62,9	FALSE	10
12	29,81	0,01	3	29,8	TRUE	10
13	32,92	6,45	2	32,9	TRUE	10
14	62,34	0,01	3	62,34	FALSE	10
15	71,51	0,01	3	71,5	TRUE	10
16	38,69	3,52	2	38,69	FALSE	10
17	222,03	23	2	: 222,	TRUE	10
18	21,57	0,01	3	21,5	TRUE	10
19	32,24	0,81	2	32,2	TRUE	10
20	47,05	0,01	3	47,05	FALSE	10
1	402,44	0,02	2	402,44	FALSE	30
2	1422,87	87,75	2	1422,87	FALSE	30
3	581,78	0,01	3	581,78	FALSE	30
4	512	0,01	3	512	FALSE	30
5	1071,12	0,01	3	1071,12	FALSE	30
6	580,47	0,01	3	580,47	FALSE	30
7	1113,96	0,6	2	1113,96	FALSE	30
8	1044,37	0,01	3	1044,37	FALSE	30
9	932,14	0,01	3	932,14	FALSE	30
10	1338,31	0,09	2	1338,31	FALSE	30
11	1342,52	26,67	2	1342,52	FALSE	30
12	759,05	25,37	2	759,05	FALSE	30
13	1395,79	74,4	2	1395,79	FALSE	30
14	796,46	8,46	2	796,46	FALSE	30
15	806,67	0,01	3	806,67	FALSE	30
16	670,67	0,05	2	670,67	FALSE	30
17	867,17	0,01	3	867,17	FALSE	30
18	1074,96	0,01	3	1074,96	FALSE	30
19	1455,58	0,01	3	1455,58	FALSE	30
20	558,09	0,04	2	558,09	FALSE	30

### 3.2.3. Quintic

Quintic						
Iteracion	Valor minimo obtenido	Temperatura	Iteracion	Mejor minimo	Cambio	D
1	5038,55	2,17	2	5038,28	TRUE	10
2	10505,15	0,01	3	10505,15	FALSE	10
3	10,22	0,01	3	10,22	FALSE	10
4	5628,57	0,01	3	5628,57	FALSE	10
5	3528,09	0,3	2	3528,09	FALSE	10
6	29,76	0,04	2	29,73	TRUE	10
7	61453,34	0,09	2	61453,34	FALSE	10
8	62188,81	0,01	3	62188,81	FALSE	10
9	19842,07	0,01	3	19842,07	FALSE	10
10	43101,01	65,71	2	42965,53	TRUE	10
11	14577,44	0,01	3	14577,44	FALSE	10
12	73655,88	0,01	3	73655,88	FALSE	10
13	538,31	123,74	2	524,24	TRUE	10
14	8836,69	0,05	2	8836,69	FALSE	10
15	2132,84	0,02	2	2132,84	FALSE	10
16	7863,88	0,83	2	7863,88	FALSE	10
17	9257,07	0,01	3	9257,07	FALSE	10
18	19,6	0,01	3	19,6	FALSE	10
19	58019,69	8,79	2	58019,69	FALSE	10
20	8937,86	1,74	2	8937,86	FALSE	10
1	20501,44	0,01	3	20501,44	FALSE	30
2	661,9	23,72	2	653,56	TRUE	30
3	197,51	0,01	3	197,51	FALSE	30
4	7334,13	0,07	2	7334,13	FALSE	30
5	21733	0,01	3	21733	FALSE	30
6	813,9	0,01	3	813,9	FALSE	30
7	67648,97	0,01	3	67648,97	FALSE	30
8	581,09	61,88	2	581,09	FALSE	30
9	1776	0,33	2	1776	FALSE	30
10	1192,75	0,01	3	1192,75	FALSE	30
11	847,85	65,49	2	847,85	FALSE	30
12	33283,51	0,01	3	33283,51	FALSE	30
13	5474,13	0,39	2	5474,13	FALSE	30
14	48043,53	0,01	3	48043,53	FALSE	30
15	55262,9	0,01	3	55262,9	FALSE	30
16	53976,26	0,01	3	53976,26	FALSE	30
17	625,76	6,86	2	625,76	FALSE	30
18	599,88	0,01	3	599,88	FALSE	30
19	364,34	0,01	3	364,34	FALSE	30
20	337,28	0,26	2	337,28	FALSE	30

### 3.2.4. Schwefel

Schwefel						
Iteracion	Valor minimo obtenido	Temperatura	Iteracion	Mejor minimo	Cambio	D
1	181,81	0,02	2	181,81	FALSE	10
2	4748,88	0,07	2	4748,88	FALSE	10
3	0,06	0,01	3	0,06	FALSE	10
4	372000,86	11,14	2	372000,86	FALSE	10
5	332460,91	0,25	2	332460,91	FALSE	10
6	5062985,53	0,3	2	5062985,09	TRUE	10
7	53220,36	0,01	3	53220,36	FALSE	10
8	17473,01	2,14	2	17472,81	TRUE	10
9	3,18	0,1	2	3,18	FALSE	10
10	3798684,77	27,74	2	3798684,77	FALSE	10
11	11575,45	0,01	3	11575,45	FALSE	10
12	404221358,7	0,85	2	404221358,7	FALSE	10
13	0,52	0,3	2	0,52	FALSE	10
14	9833680424	0,01	3	9833680424	FALSE	10
15	1126408,79	108,83	2	1126408,79	FALSE	10
16	2761898,94	41,58	2	2761898,94	FALSE	10
17	3183968687	0,01	3	3183968687	FALSE	10
18	14228564,73	0,01	3	14228564,73	FALSE	10
19	229518686,9	0,02	2	229518686,9	FALSE	10
20	411016,15	0,01	3	411016,15	FALSE	10
1	883504231,3	0,02	2	883504231,3	FALSE	30
2	1556,21	66,79	2	1556,21	FALSE	30
3	1866035,48	0,01	3	1866035,48	FALSE	30
4	467006418,7	90,6	2	467006378,4	TRUE	30
5	530927878,3	0,01	3	530927878,3	FALSE	30
6	16918,1	1,41	2	16918,1	FALSE	30
7	3587136220	0,01	3	3587136220	FALSE	30
8	47289,11	17,63	2	47289,11	FALSE	30
9	23774996,79	0,01	3	23774996,79	FALSE	30
10	1127152,51	132,64	2	1127149,62	TRUE	30
11	5671352416	0,01	3	5671352416	FALSE	30
12	313190,93	0,01	3	313190,93	FALSE	30
13	953049,12	0,01	3	953049,12	FALSE	30
14	197268,68	0,01	3	197268,68	FALSE	30
15	919823,14	0,01	3	919823,14	FALSE	30
16	4339,66	0,01	3	4339,66	FALSE	30
17	220,01	6,08	2	218,73	TRUE	30
18	10682712,83	0,01	3	10682712,83	FALSE	30
19	298065,93	0,1	2	298065,93	FALSE	30
20	26209,64	0,01	3	26209,64	FALSE	30

### 3.2.5. Stretched

Stretched						
Iteracion	Valor minimo obtenido	Temperatura	Iteracion	Mejor minimo	Cambio	D
1	9,78	54,44	2	9,78	FALSE	10
2	2,57	0,01	3	2,57	FALSE	10
3	3,6	0,01	3	3,6	FALSE	10
4	2,74	0,01	3	2,74	FALSE	10
5	2,55	0,01	3	2,55	FALSE	10
6	3,27	0,01	2	3,27	FALSE	10
7	2,26	0,01	3	2,26	FALSE	10
8	3,15	0,01	3	3,15	FALSE	10
9	7,94	12,1	2	7,94	FALSE	10
10	2,97	0,01	3	2,97	FALSE	10
11	9,29	2,01	2	9,29	FALSE	10
12	3,45	0,01	3	3,45	FALSE	10
13	13,6	37,84	2	13,6	FALSE	10
14	2,71	0,04	2	2,71	FALSE	10
15	5,25	0,53	2	5,25	FALSE	10
16	11,87	3,45	2	11,57	TRUE	10
17	17,8	6,5	2	17,8	FALSE	10
18	4,66	1,02	2	4,66	FALSE	10
19	3,29	0,01	3	3,29	FALSE	10
20	3,87	0,01	3	3,87	FALSE	10
1	19,22	0,01	3	19,22	FALSE	30
2	16,05	0,01	3	16,05	FALSE	30
3	13,78	0,04	2	13,78	FALSE	30
4	11,26	0,01	3	11,26	FALSE	30
5	14,39	0,01	3	14,39	FALSE	30
6	10,22	0,01	3	10,22	FALSE	30
7	13,11	0,01	3	13,11	FALSE	30
8	14,77	0,01	3	14,77	FALSE	30
9	14,92	0,01	2	14,92	FALSE	30
10	15,43	0,01	3	15,43	FALSE	30
11	13,27	0,01	3	13,27	FALSE	30
12	9,46	0,01	3	9,46	FALSE	30
13	38,14	6,22	2	37,43	TRUE	30
14	14,67	0,01	3	14,67	FALSE	30
15	11,57	0,01	3	11,57	FALSE	30
16	18,85	0,17	2	18,85	FALSE	30
17	18,26	0,01	3	18,26	FALSE	30
18	34,55	1,72	2	34	TRUE	30
19	39,06	65,37	2	39,06	FALSE	30
20	27,04	1,27	2	26,25	TRUE	30



### 3.2.6. Sum Squares

Sum Squares						
Iteracion	Valor minimo obtenido	Temperatura	Iteracion	Mejor minimo	Cambio	D
1	522,05	0,42	2	522,05	FALSE	10
2	747,64	0,01	3	747,64	FALSE	10
3	160,57	0,01	3	160,57	FALSE	10
4	718,12	0,01	3	718,12	FALSE	10
5	742,37	0,13	2	742,37	FALSE	10
6	8,28	0,01	3	8,28	FALSE	10
7	943,36	145,57	2	943,36	FALSE	10
8	260,33	0,01	3	260,33	FALSE	10
9	65,43	3,02	2	65,43	FALSE	10
10	125,8	0,01	3	125,8	FALSE	10
11	59,72	0,01	3	59,72	FALSE	10
12	646,86	0,01	3	646,86	FALSE	10
13	1540,56	155,21	2	1540,56	FALSE	10
14	22,19	0,01	3	22,19	FALSE	10
15	937,04	0,01	3	937,04	FALSE	10
16	23,23	0,01	3	23,23	FALSE	10
17	97,2	0,01	3	97,2	FALSE	10
18	954,52	0,01	3	954,52	FALSE	10
19	975,01	15,9	2	975,01	FALSE	10
20	232,35	0,24	2	232,35	FALSE	10
1	2696,2	0,01	3	2696,2	FALSE	30
2	1173,75	20,65	2	1173,75	FALSE	30
3	1556,11	2,15	2	1556,11	FALSE	30
4	2475,77	0,01	3	2475,77	FALSE	30
5	728,23	22,44	2	711,18	TRUE	30
6	1418,9	0,01	3	1418,9	FALSE	30
7	2864,3	0,01	3	2864,3	FALSE	30
8	1941,78	0,01	3	1941,78	FALSE	30
9	518,7	0,01	3	518,7	FALSE	30
10	2932,91	0,01	3	2932,91	FALSE	30
11	1593,17	1,42	2	1593,17	FALSE	30
12	1329,02	0,01	3	1329,02	FALSE	30
13	890,41	3,32	2	890,41	FALSE	30
14	597,5	5,08	2	597,5	FALSE	30
15	2635,92	0,08	2	2635,92	FALSE	30
16	1454,25	0,01	3	1454,25	FALSE	30
17	608,32	3,67	2	608,32	FALSE	30
18	862,81	0,01	3	862,81	FALSE	30
19	922,91	1,16	2	922,91	FALSE	30
20	3391,21	0,01	3	3391,21	FALSE	30