

Metaheurísticas (Curso 2021-2022)

Grado en Ingeniería Informática
Universidad de Granada



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

Práctica final: Metaheurística
Big Bang - Big Crunch

Pedro Bedmar López - 75935296Z
pedrobedmar@correo.ugr.es

Índice

I	Resumen de la Metaheurística	3
II	Pseudocódigo de la Metaheurística	6
1.	Big Bang - Big Crunch	6
2.	Búsqueda local Solis Wets	6
III	Experimentación	7
3.	Metaheurística original	7
3.1.	Versión 1: Centro de masas calculado como en la ecuación 0.1	8
3.2.	Versión 2: Centro de masas calculado como el mejor individuo	14
4.	Versión memética	20

Parte I

Resumen de la Metaheurística

En la creación de nuevas Metaheurísticas, una fuente de inspiración es la naturaleza. Por sí misma, la naturaleza contiene procesos muy interesantes desde el punto de vista de la optimización. Como ejemplo, la evolución es uno de estos mecanismos que permite a los sistemas biológicos mejorar en cada generación, debido a la selección natural que sufren los individuos.

En este trabajo vamos a estudiar el comportamiento de una Metaheurística basada en la naturaleza, concretamente en la física. Una de las teorías que intenta explicar la creación del universo miles de millones de años atrás se conoce como Big Bang, donde tras una gran explosión en un punto concreto del espacio, comienza la expansión de materia y energía por todo este. La expansión se producirá en todas las direcciones y cúmulos de materia cercana darán lugar a las galaxias.

Hoy en día el universo sigue en expansión, pero algunos científicos sostienen que esta está comenzando a enlentecerse. Y es que existe otra teoría conocida como Big Crunch donde se defiende que este volverá a contraerse al estado original anterior al Big Bang, entrando en un proceso cíclico de expansión-contracción del universo.

Esta Metaheurística toma esta idea para trasladarla al ámbito de optimización de problemas. El funcionamiento que sigue es similar al de un algoritmo genético, se parte de una población inicial de determinado tamaño generada de forma aleatoria siguiendo una distribución uniforme. Cada individuo de esta población tendrá un número de dimensiones o genes determinado que lo caracterizarán.

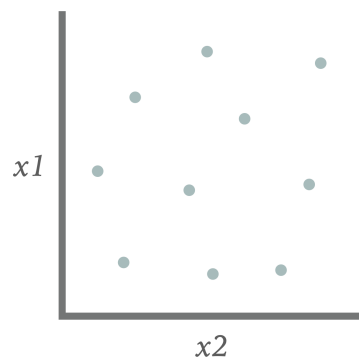


Figura 0.1: Población tras la fase Big Bang inicial

Esta será la primera fase Big Bang, donde la población se habrá expandido uniformemente por todo el espacio.

A continuación ocurre la fase Big Crunch. Actúa como operador de convergencia, donde a partir de todos los individuos de la población se genera una única salida llamada centro de masas. El término masa en este ámbito se refiere a la inversa del valor que

toma la función de fitness. Este centro de masas se representa como \vec{x}^c y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\vec{x}^c = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{1}{f^i} \vec{x}^i}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{f^i}} \quad (0.1)$$

Donde f^i representa el valor fitness del individuo \vec{x}^i . Los autores también proponen escoger como centro de masas el individuo con mejor fitness en vez de utilizar esta ecuación.

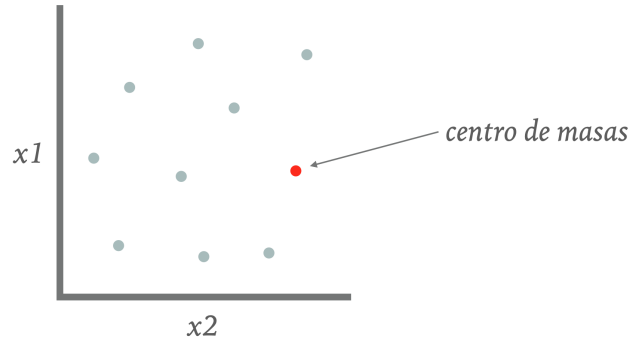


Figura 0.2: Elección del centro de masas en la fase Big Crunch

Tras la fase Big Crunch, se vuelve a producir otro Big Bang que genera nuevos individuos que reemplazan a la población anterior. En la publicación no se especifica si este reemplazo debe de ser total o parcial, así que nosotros decidimos reemplazar un 30 % de la población, manteniendo los individuos con mejor fitness y el centro de masas. Una política de sustitución podría ser la que se utiliza en el Big Bang inicial, generar individuos aleatorios de forma uniforme, pero entonces estaríamos siguiendo una búsqueda aleatoria. Por ello, en la publicación proponen generar los individuos basándose en una distribución normal centrada en el centro de masas. La desviación de los individuos generados irá disminuyendo conforme se lleva a cabo la ejecución, de forma que los puntos se generen cada vez más cerca del centro de masas para que el algoritmo converja.

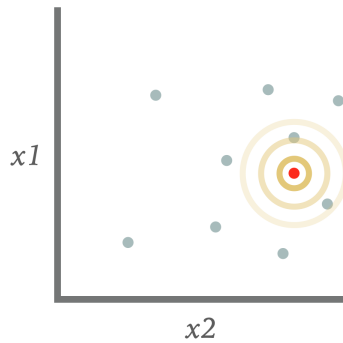


Figura 0.3: Fase Big Bang genera individuos alrededor de un centro de masas

A nivel de implementación, la generación de nuevos individuos en la fase Big Bang viene dada por la siguiente ecuación, donde x^c es el centro de masas, l el valor máximo que puede tomar un cromosoma, r un valor aleatorio de una distribución normal y k la iteración actual.

$$x^{new} = x^c + lr/k \quad (0.2)$$

Al realizar este proceso, se debe comprobar que x^{new} toma valores dentro del dominio permitido (en nuestro caso, $[-100, 100]$).

Este proceso Big Bang - Big Crunch se repetirá de forma continuada durante la ejecución del algoritmo, hasta que la condición de parada lo indique. En nuestro caso, el número de evaluaciones de la función objetivo, aunque también podría tomarse el número de iteraciones que se realizan. Con este proceso se espera que la población se reúna en torno a un centro de masas que coincida o sea cercano al óptimo global. Al terminar, se devuelve el mejor individuo de la población.

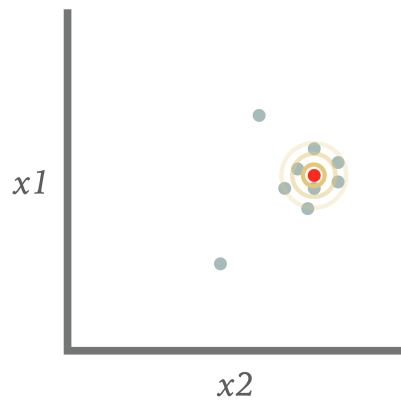


Figura 0.4: Estado tras la finalización del algoritmo

Cada una de las fases del algoritmo trata una de las componentes que son necesarias en este tipo de algoritmos de optimización, la exploración y la explotación. La fase Big Bang coincide con exploración, se generan individuos por todo el espacio de búsqueda, reduciéndose la probabilidad de converger hacia óptimos locales. La fase Big Crunch se encarga de que el algoritmo converja hacia un centro de masas supuestamente cercano a un óptimo. Al inicio de la ejecución, la fase Big Bang puede generar individuos en todo el espacio de búsqueda, pero conforme avanza la generación será de individuos cada vez más cercanos al centro de masas.

En definitiva, se busca un equilibrio entre exploración y explotación que permita al algoritmo encontrar buenas soluciones.

Parte II

Pseudocódigo de la Metaheurística

1. Big Bang - Big Crunch
2. Búsqueda local Solis Wets

Parte III

Experimentación

En este apartado, tras haber implementado la metaheurística, evaluamos su comportamiento. Para ello utilizamos la suite CEC'2017 que nos permite obtener unos resultados de error estandarizados, para su posterior comparación con otros algoritmos. Las pruebas se realizarán llevando a cabo 10 ejecuciones diferentes y se promediarán los resultados, de forma que se reduzca el efecto de resultados atípicos.

A continuación los resultados obtenidos se procesarán en TACOLab [1] donde serán comparados con los de otros algoritmos. TACOLab permite elegir con qué algoritmos se va a realizar la comparación, nosotros elegimos PSO (*Particle Swarm Optimization*) y DE (*Differential Evolution*).

PSO

3. Metaheurística original

En esta primera sección evaluamos el rendimiento de la metaheurística original, tal y como viene descrita en el paper.

3.1. Versión 1: Centro de masas calculado como en la ecuación 0.1

10 % de las evaluaciones

Tabla 3.1: Dimensión 10

	BB-BC	DE	PSO
F01	2.39e+09	3.14e+07	8.30e+08
F02	9.27e+06	6.05e+03	1.00e+00
F03	4.45e+04	1.39e+03	1.28e+04
F04	6.86e+01	9.80e+00	1.16e+02
F05	1.46e+02	1.17e+02	7.09e+01
F06	8.31e+01	5.06e+01	2.59e+01
F07	1.36e+02	7.78e+01	8.90e+01
F08	6.43e+01	3.08e+01	5.69e+01
F09	1.00e+02	8.09e+02	2.95e+02
F10	2.13e+03	1.37e+03	1.59e+03
F11	7.93e+02	2.45e+01	1.16e+02
F12	2.76e+05	4.77e+04	2.63e+07
F13	8.92e+03	4.17e+02	1.48e+05
F14	1.62e+03	3.50e+01	5.51e+02
F15	1.40e+04	1.50e+01	8.78e+03
F16	3.87e+02	4.62e+02	3.42e+02
F17	1.63e+02	5.31e+01	1.31e+02
F18	7.93e+03	1.13e+02	2.36e+05
F19	2.67e+04	9.46e+00	2.36e+04
F20	2.44e+02	3.91e+02	1.78e+02
F21	2.75e+02	2.09e+02	1.89e+02
F22	6.50e+02	1.14e+02	1.61e+02
F23	4.85e+02	8.28e+02	3.58e+02
F24	4.97e+02	1.11e+02	2.66e+02
F25	1.09e+03	4.12e+02	4.84e+02
F26	2.21e+03	3.28e+02	6.01e+02
F27	6.13e+02	4.01e+02	4.49e+02
F28	9.46e+02	4.10e+02	7.36e+02
F29	5.18e+02	3.25e+02	4.30e+02
F30	1.32e+07	1.23e+05	3.77e+06
Best	1	22	7

Tabla 3.2: Dimensión 30

	BB-BC	DE	PSO
F01	3.67e+10	5.81e+09	1.39e+10
F02	4.51e+25	3.90e+32	1.00e+00
F03	2.85e+05	5.87e+04	1.18e+05
F04	5.57e+03	7.58e+02	3.36e+03
F05	4.49e+02	3.51e+02	3.23e+02
F06	1.04e+02	7.81e+01	6.37e+01
F07	5.98e+02	3.29e+02	5.15e+02
F08	3.94e+02	2.82e+02	2.89e+02
F09	3.94e+03	9.91e+03	7.07e+03
F10	7.89e+03	5.59e+03	7.89e+03
F11	1.65e+04	5.10e+02	3.21e+03
F12	6.99e+09	3.39e+08	1.86e+09
F13	3.59e+04	2.22e+07	1.02e+09
F14	3.04e+06	1.32e+03	1.01e+06
F15	1.34e+04	5.93e+04	1.20e+07
F16	3.59e+03	2.01e+03	2.51e+03
F17	1.13e+03	8.71e+02	9.47e+02
F18	3.53e+06	2.43e+05	1.34e+07
F19	4.55e+05	4.29e+05	2.15e+07
F20	1.42e+03	5.70e+02	9.21e+02
F21	6.79e+02	4.05e+02	5.19e+02
F22	7.79e+03	9.19e+02	2.33e+03
F23	1.44e+03	6.29e+02	7.58e+02
F24	1.89e+03	6.87e+02	8.11e+02
F25	1.68e+03	6.30e+02	1.16e+03
F26	7.76e+03	2.09e+03	4.60e+03
F27	2.33e+03	6.23e+02	1.08e+03
F28	4.39e+03	8.20e+02	1.84e+03
F29	4.09e+03	1.61e+03	2.24e+03
F30	2.24e+07	3.83e+06	6.12e+07
Best	3	24	3

Tabla 3.3: Dimensión 50

	BB-BC	DE	PSO
F01	7.53e+10	2.53e+10	4.33e+10
F02	2.36e+37	2.37e+62	1.00e+00
F03	5.80e+05	1.41e+05	2.41e+05
F04	1.97e+04	3.86e+03	9.35e+03
F05	6.81e+02	5.86e+02	5.97e+02
F06	1.10e+02	9.23e+01	7.93e+01
F07	1.42e+03	6.94e+02	1.08e+03
F08	7.21e+02	6.14e+02	5.57e+02
F09	1.81e+04	3.54e+04	3.00e+04
F10	1.41e+04	1.22e+04	1.42e+04
F11	5.06e+04	2.91e+03	1.04e+04
F12	4.97e+10	5.93e+09	1.55e+10
F13	1.26e+10	8.60e+08	4.03e+09
F14	3.51e+05	4.35e+05	9.94e+06
F15	2.00e+08	1.84e+07	2.00e+08
F16	4.89e+03	3.92e+03	4.10e+03
F17	2.33e+03	2.39e+03	2.53e+03
F18	6.24e+07	3.77e+06	3.86e+07
F19	2.17e+05	1.82e+07	1.65e+08
F20	2.01e+03	1.33e+03	2.29e+03
F21	1.09e+03	7.45e+02	8.49e+02
F22	1.64e+04	1.33e+04	1.42e+04
F23	2.58e+03	1.10e+03	1.27e+03
F24	2.50e+03	1.10e+03	1.43e+03
F25	9.63e+03	2.47e+03	5.77e+03
F26	1.44e+04	4.38e+03	9.44e+03
F27	5.19e+03	1.29e+03	2.32e+03
F28	8.42e+03	2.70e+03	4.72e+03
F29	5.83e+03	3.61e+03	5.58e+03
F30	5.20e+08	2.03e+08	8.37e+08
Best	4	23	3

Tabla 3.4: Dimensión 100

	BB-BC	DE	PSO
F01	2.61e+11	1.05e+11	1.64e+11
F02	7.39e+124	2.11e+145	1.00e+00
F03	7.52e+05	3.20e+05	5.12e+05
F04	5.82e+04	2.30e+04	3.70e+04
F05	1.50e+03	1.39e+03	1.48e+03
F06	1.11e+02	1.03e+02	9.71e+01
F07	3.20e+03	1.94e+03	2.94e+03
F08	1.78e+03	1.31e+03	1.50e+03
F09	3.14e+04	7.68e+04	8.35e+04
F10	3.02e+04	2.73e+04	3.12e+04
F11	2.08e+05	1.37e+05	1.82e+05
F12	1.73e+11	4.40e+10	6.31e+10
F13	3.19e+10	5.42e+09	9.41e+09
F14	1.09e+07	7.47e+06	4.61e+07
F15	1.30e+10	1.14e+09	2.27e+09
F16	1.97e+04	1.04e+04	1.21e+04
F17	5.74e+03	8.08e+03	1.36e+04
F18	1.32e+07	1.43e+07	1.01e+08
F19	1.48e+10	1.22e+09	2.58e+09
F20	6.15e+03	5.03e+03	5.86e+03
F21	3.08e+03	1.86e+03	2.00e+03
F22	3.34e+04	2.98e+04	3.26e+04
F23	4.89e+03	2.34e+03	2.72e+03
F24	9.32e+03	3.50e+03	4.11e+03
F25	1.95e+04	1.02e+04	1.42e+04
F26	4.89e+04	2.16e+04	2.88e+04
F27	1.28e+04	3.08e+03	4.28e+03
F28	2.60e+04	1.43e+04	1.67e+04
F29	1.30e+04	1.13e+04	1.49e+04
F30	3.10e+10	2.13e+09	6.92e+09
Best	3	25	2

50 % de las evaluaciones

Tabla 3.5: Dimensión 10

	BB-BC	DE	PSO
F01	2.39e+09	2.00e-05	1.85e+08
F02	8.16e+06	0.00e+00	1.00e+00
F03	4.45e+04	2.81e-08	3.46e+03
F04	6.86e+01	2.36e-01	6.36e+01
F05	1.46e+02	1.15e+02	4.73e+01
F06	8.31e+01	3.47e+01	1.36e+01
F07	1.36e+02	4.38e+01	5.70e+01
F08	6.43e+01	2.98e+01	2.97e+01
F09	9.12e+01	2.09e+02	8.36e+01
F10	2.13e+03	5.31e+02	1.32e+03
F11	7.93e+02	5.90e+00	5.04e+01
F12	2.66e+05	7.66e+01	4.64e+06
F13	8.38e+03	1.11e+01	1.23e+04
F14	1.60e+03	1.54e+01	1.64e+02
F15	1.40e+04	4.37e-01	3.23e+03
F16	3.87e+02	4.56e+02	1.85e+02
F17	1.63e+02	3.12e+01	7.63e+01
F18	7.93e+03	1.67e-01	2.65e+04
F19	2.67e+04	4.60e-01	5.86e+03
F20	2.39e+02	3.84e+02	1.10e+02
F21	2.75e+02	1.92e+02	1.42e+02
F22	6.50e+02	1.02e+02	1.03e+02
F23	4.85e+02	8.12e+02	3.37e+02
F24	4.97e+02	1.00e+02	2.04e+02
F25	1.09e+03	4.04e+02	4.54e+02
F26	2.21e+03	2.71e+02	4.17e+02
F27	6.13e+02	3.90e+02	4.20e+02
F28	9.46e+02	3.52e+02	5.24e+02
F29	5.18e+02	2.51e+02	3.51e+02
F30	1.32e+07	8.05e+04	1.48e+06
Best	0	22	8

Tabla 3.6: Dimensión 30

	BB-BC	DE	PSO
F01	3.67e+10	1.79e+07	7.70e+09
F02	3.62e+25	5.44e+23	1.00e+00
F03	2.85e+05	1.37e+04	7.12e+04
F04	5.57e+03	9.42e+01	1.66e+03
F05	4.49e+02	2.20e+02	2.60e+02
F06	1.04e+02	2.14e+01	4.67e+01
F07	5.98e+02	2.52e+02	4.10e+02
F08	3.94e+02	2.09e+02	2.16e+02
F09	3.37e+03	2.78e+03	4.10e+03
F10	7.89e+03	4.42e+03	7.43e+03
F11	1.65e+04	1.12e+02	1.56e+03
F12	6.99e+09	5.64e+06	6.94e+08
F13	3.10e+04	1.51e+03	2.36e+08
F14	3.04e+06	8.11e+01	4.77e+05
F15	1.28e+04	1.14e+02	1.26e+06
F16	3.59e+03	1.51e+03	1.86e+03
F17	1.13e+03	5.82e+02	5.51e+02
F18	3.53e+06	3.29e+02	4.17e+06
F19	4.33e+05	4.63e+01	2.33e+06
F20	1.42e+03	3.11e+02	6.19e+02
F21	6.79e+02	3.50e+02	4.49e+02
F22	7.79e+03	1.18e+02	1.35e+03
F23	1.44e+03	5.52e+02	6.91e+02
F24	1.89e+03	6.21e+02	7.47e+02
F25	1.68e+03	3.90e+02	7.75e+02
F26	7.76e+03	4.90e+02	3.73e+03
F27	2.33e+03	5.15e+02	8.85e+02
F28	4.39e+03	4.37e+02	1.29e+03
F29	4.09e+03	1.17e+03	1.61e+03
F30	2.22e+07	1.57e+04	2.02e+07
Best	0	28	2

Tabla 3.7: Dimensión 50

	BB-BC	DE	PSO
F01	7.53e+10	2.17e+09	2.77e+10
F02	1.19e+37	4.83e+55	1.00e+00
F03	5.80e+05	9.97e+04	1.56e+05
F04	1.97e+04	4.73e+02	5.62e+03
F05	6.81e+02	4.20e+02	5.04e+02
F06	1.10e+02	3.05e+01	6.43e+01
F07	1.42e+03	5.14e+02	9.02e+02
F08	7.21e+02	4.28e+02	4.62e+02
F09	1.19e+04	2.76e+04	2.12e+04
F10	1.41e+04	1.15e+04	1.37e+04
F11	5.06e+04	3.58e+02	4.51e+03
F12	4.97e+10	4.92e+08	8.92e+09
F13	1.26e+10	1.17e+06	1.63e+09
F14	3.36e+05	2.68e+02	2.88e+06
F15	1.42e+08	4.14e+03	2.74e+07
F16	4.89e+03	3.28e+03	3.13e+03
F17	2.33e+03	1.99e+03	1.82e+03
F18	6.24e+07	2.09e+05	1.80e+07
F19	2.17e+05	3.56e+03	3.43e+07
F20	2.01e+03	9.67e+02	1.58e+03
F21	1.09e+03	6.43e+02	7.51e+02
F22	1.64e+04	6.64e+02	1.33e+04
F23	2.58e+03	8.76e+02	1.16e+03
F24	2.50e+03	9.11e+02	1.27e+03
F25	9.63e+03	7.40e+02	3.76e+03
F26	1.44e+04	1.48e+03	8.46e+03
F27	5.19e+03	6.95e+02	1.91e+03
F28	8.42e+03	6.62e+02	3.88e+03
F29	5.83e+03	2.48e+03	4.27e+03
F30	4.97e+08	8.86e+06	4.57e+08
Best	1	26	3

Tabla 3.8: Dimensión 100

	BB-BC	DE	PSO
F01	2.61e+11	3.27e+10	1.33e+11
F02	6.04e+124	6.15e+138	1.00e+00
F03	7.52e+05	2.69e+05	3.67e+05
F04	5.82e+04	3.95e+03	2.77e+04
F05	1.50e+03	1.04e+03	1.32e+03
F06	1.11e+02	5.46e+01	8.43e+01
F07	3.20e+03	1.39e+03	2.54e+03
F08	1.78e+03	1.05e+03	1.35e+03
F09	2.70e+04	7.18e+04	6.80e+04
F10	3.02e+04	2.63e+04	3.06e+04
F11	2.08e+05	5.86e+04	8.64e+04
F12	1.73e+11	1.05e+10	4.69e+10
F13	3.19e+10	2.98e+08	6.05e+09
F14	1.09e+07	1.17e+06	2.72e+07
F15	1.30e+10	1.15e+07	6.84e+08
F16	1.97e+04	8.95e+03	9.97e+03
F17	5.63e+03	5.87e+03	7.20e+03
F18	1.30e+07	6.53e+06	3.11e+07
F19	1.48e+10	3.44e+07	1.19e+09
F20	6.15e+03	4.26e+03	5.45e+03
F21	3.08e+03	1.35e+03	1.81e+03
F22	3.34e+04	7.25e+03	3.19e+04
F23	4.89e+03	1.65e+03	2.48e+03
F24	9.32e+03	2.04e+03	3.65e+03
F25	1.95e+04	4.07e+03	1.10e+04
F26	4.89e+04	1.47e+04	2.65e+04
F27	1.28e+04	1.41e+03	3.57e+03
F28	2.60e+04	3.67e+03	1.41e+04
F29	1.30e+04	7.58e+03	1.20e+04
F30	3.10e+10	5.22e+07	4.51e+09
Best	2	27	1

100 % de las evaluaciones

Tabla 3.9: Dimensión 10

	BB-BC	DE	PSO
F01	2.39e+09	0.00e+00	5.26e+07
F02	7.58e+06	0.00e+00	1.00e+00
F03	4.45e+04	0.00e+00	1.99e+03
F04	6.86e+01	1.11e-04	4.68e+01
F05	1.46e+02	1.15e+02	3.21e+01
F06	8.31e+01	3.46e+01	1.00e+01
F07	1.36e+02	3.85e+01	4.28e+01
F08	6.43e+01	2.98e+01	2.20e+01
F09	9.12e+01	1.94e+02	5.69e+01
F10	2.13e+03	3.60e+02	1.08e+03
F11	7.93e+02	1.94e-02	3.84e+01
F12	2.61e+05	4.93e+00	2.52e+06
F13	8.32e+03	5.99e+00	8.41e+03
F14	1.60e+03	5.24e-02	9.99e+01
F15	1.40e+04	6.06e-02	2.07e+03
F16	3.87e+02	4.56e+02	1.41e+02
F17	1.63e+02	2.35e+01	6.50e+01
F18	7.93e+03	3.63e-02	1.48e+04
F19	2.67e+04	5.19e-03	3.22e+03
F20	2.39e+02	3.84e+02	8.44e+01
F21	2.75e+02	1.89e+02	1.32e+02
F22	6.50e+02	1.00e+02	7.74e+01
F23	4.85e+02	8.10e+02	3.30e+02
F24	4.97e+02	1.00e+02	1.81e+02
F25	1.09e+03	4.04e+02	4.48e+02
F26	2.21e+03	2.71e+02	3.73e+02
F27	6.13e+02	3.90e+02	4.13e+02
F28	9.46e+02	3.52e+02	4.70e+02
F29	5.18e+02	2.38e+02	3.19e+02
F30	1.32e+07	8.05e+04	6.35e+05
Best	0	21	9

Tabla 3.10: Dimensión 30

	BB-BC	DE	PSO
F01	3.67e+10	4.91e+04	4.18e+09
F02	3.47e+25	1.31e+19	1.00e+00
F03	2.85e+05	3.48e+03	5.45e+04
F04	5.57e+03	8.43e+01	1.18e+03
F05	4.49e+02	2.01e+02	2.17e+02
F06	1.04e+02	6.32e+00	3.69e+01
F07	5.98e+02	2.33e+02	3.60e+02
F08	3.94e+02	1.89e+02	1.75e+02
F09	3.37e+03	6.53e+01	2.84e+03
F10	7.89e+03	3.76e+03	6.94e+03
F11	1.65e+04	7.96e+01	1.21e+03
F12	6.99e+09	3.26e+05	3.59e+08
F13	3.10e+04	1.54e+02	4.51e+07
F14	3.04e+06	7.10e+01	3.06e+05
F15	1.27e+04	6.26e+01	2.74e+05
F16	3.59e+03	1.32e+03	1.57e+03
F17	1.13e+03	4.81e+02	4.73e+02
F18	3.51e+06	6.12e+01	2.17e+06
F19	4.33e+05	3.57e+01	1.26e+06
F20	1.42e+03	2.75e+02	4.62e+02
F21	6.79e+02	3.25e+02	4.11e+02
F22	7.79e+03	1.00e+02	1.03e+03
F23	1.44e+03	5.35e+02	6.40e+02
F24	1.89e+03	6.06e+02	7.10e+02
F25	1.68e+03	3.87e+02	6.86e+02
F26	7.76e+03	4.04e+02	3.37e+03
F27	2.33e+03	4.93e+02	8.07e+02
F28	4.39e+03	3.94e+02	1.11e+03
F29	4.09e+03	1.03e+03	1.41e+03
F30	2.22e+07	3.66e+03	1.36e+07
Best	0	27	3

Tabla 3.11: Dimensión 50

	BB-BC	DE	PSO
F01	7.53e+10	2.04e+08	1.82e+10
F02	1.19e+37	5.16e+52	1.00e+00
F03	5.80e+05	7.60e+04	1.01e+05
F04	1.97e+04	2.32e+02	4.09e+03
F05	6.81e+02	3.98e+02	4.33e+02
F06	1.10e+02	1.18e+01	5.45e+01
F07	1.42e+03	4.78e+02	8.20e+02
F08	7.21e+02	4.07e+02	4.08e+02
F09	1.17e+04	3.76e+03	1.62e+04
F10	1.41e+04	1.13e+04	1.29e+04
F11	5.06e+04	2.17e+02	3.15e+03
F12	4.97e+10	1.38e+08	6.06e+09
F13	1.26e+10	2.73e+04	5.26e+08
F14	3.34e+05	1.68e+02	1.56e+06
F15	1.35e+08	5.09e+02	5.79e+06
F16	4.89e+03	3.05e+03	2.74e+03
F17	2.33e+03	1.83e+03	1.65e+03
F18	6.24e+07	2.42e+04	1.20e+07
F19	2.17e+05	1.32e+02	1.34e+07
F20	2.01e+03	9.38e+02	1.28e+03
F21	1.09e+03	6.18e+02	6.66e+02
F22	1.64e+04	1.71e+02	1.26e+04
F23	2.58e+03	8.43e+02	1.10e+03
F24	2.50e+03	8.85e+02	1.21e+03
F25	9.63e+03	5.67e+02	3.07e+03
F26	1.44e+04	5.75e+02	7.89e+03
F27	5.19e+03	5.77e+02	1.74e+03
F28	8.42e+03	5.01e+02	3.47e+03
F29	5.83e+03	2.22e+03	3.57e+03
F30	4.97e+08	2.39e+06	3.37e+08
Best	0	27	3

Tabla 3.12: Dimensión 100

	BB-BC	DE	PSO
F01	2.61e+11	1.03e+10	1.10e+11
F02	6.04e+124	7.02e+135	1.00e+00
F03	7.52e+05	2.28e+05	2.92e+05
F04	5.82e+04	1.49e+03	2.26e+04
F05	1.50e+03	9.97e+02	1.16e+03
F06	1.11e+02	3.60e+01	7.54e+01
F07	3.20e+03	1.18e+03	2.37e+03
F08	1.78e+03	9.97e+02	1.23e+03
F09	2.70e+04	3.09e+04	5.58e+04
F10	3.02e+04	2.60e+04	2.97e+04
F11	2.08e+05	2.78e+04	6.68e+04
F12	1.73e+11	4.40e+09	3.66e+10
F13	3.19e+10	3.04e+07	3.72e+09
F14	1.09e+07	2.13e+05	1.88e+07
F15	1.30e+10	7.51e+05	9.41e+07
F16	1.97e+04	8.58e+03	8.69e+03
F17	5.61e+03	5.53e+03	5.96e+03
F18	1.29e+07	4.45e+06	1.16e+07
F19	1.48e+10	4.17e+06	5.26e+08
F20	6.15e+03	3.94e+03	4.93e+03
F21	3.08e+03	1.26e+03	1.68e+03
F22	3.34e+04	1.98e+03	3.15e+04
F23	4.89e+03	1.55e+03	2.37e+03
F24	9.32e+03	1.90e+03	3.46e+03
F25	1.95e+04	2.28e+03	9.64e+03
F26	4.89e+04	1.36e+04	2.54e+04
F27	1.28e+04	1.11e+03	3.21e+03
F28	2.60e+04	1.69e+03	1.27e+04
F29	1.30e+04	6.96e+03	1.07e+04
F30	3.10e+10	8.92e+06	3.02e+09
Best	1	28	1

3.2. Versión 2: Centro de masas calculado como el mejor individuo

10 % de las evaluaciones

Tabla 3.13: Dimensión 10

	BB-BC	DE	PSO
F01	2.92e+05	3.14e+07	8.30e+08
F02	8.00e+00	6.05e+03	1.00e+00
F03	3.71e-01	1.39e+03	1.28e+04
F04	1.99e+00	9.80e+00	1.16e+02
F05	2.89e+01	1.17e+02	7.09e+01
F06	4.64e-01	5.06e+01	2.59e+01
F07	2.30e+01	7.78e+01	8.90e+01
F08	4.09e+01	3.08e+01	5.69e+01
F09	1.10e+03	8.09e+02	2.95e+02
F10	8.18e+02	1.37e+03	1.59e+03
F11	1.40e+02	2.45e+01	1.16e+02
F12	6.19e+05	4.77e+04	2.63e+07
F13	8.89e+03	4.17e+02	1.48e+05
F14	8.29e+01	3.50e+01	5.51e+02
F15	2.47e+04	1.50e+01	8.78e+03
F16	4.26e+02	4.62e+02	3.42e+02
F17	5.57e+01	5.31e+01	1.31e+02
F18	4.68e+04	1.13e+02	2.36e+05
F19	1.98e+02	9.46e+00	2.36e+04
F20	1.08e+02	3.91e+02	1.78e+02
F21	2.28e+02	2.09e+02	1.89e+02
F22	1.06e+02	1.14e+02	1.61e+02
F23	3.23e+02	8.28e+02	3.58e+02
F24	3.64e+02	1.11e+02	2.66e+02
F25	3.99e+02	4.12e+02	4.84e+02
F26	4.37e+02	3.28e+02	6.01e+02
F27	4.10e+02	4.01e+02	4.49e+02
F28	9.36e+02	4.10e+02	7.36e+02
F29	3.68e+02	3.25e+02	4.30e+02
F30	1.36e+04	1.23e+05	3.77e+06
Best	12	14	4

Tabla 3.14: Dimensión 30

	BB-BC	DE	PSO
F01	1.08e+06	5.81e+09	1.39e+10
F02	1.84e+09	3.90e+32	1.00e+00
F03	3.85e+04	5.87e+04	1.18e+05
F04	8.53e+01	7.58e+02	3.36e+03
F05	9.03e+01	3.51e+02	3.23e+02
F06	3.06e+01	7.81e+01	6.37e+01
F07	1.62e+02	3.29e+02	5.15e+02
F08	1.31e+02	2.82e+02	2.89e+02
F09	7.26e+03	9.91e+03	7.07e+03
F10	2.63e+03	5.59e+03	7.89e+03
F11	3.56e+02	5.10e+02	3.21e+03
F12	4.16e+06	3.39e+08	1.86e+09
F13	6.29e+04	2.22e+07	1.02e+09
F14	9.50e+03	1.32e+03	1.01e+06
F15	7.42e+04	5.93e+04	1.20e+07
F16	1.58e+03	2.01e+03	2.51e+03
F17	1.22e+03	8.71e+02	9.47e+02
F18	2.66e+05	2.43e+05	1.34e+07
F19	1.92e+05	4.29e+05	2.15e+07
F20	7.92e+02	5.70e+02	9.21e+02
F21	3.67e+02	4.05e+02	5.19e+02
F22	1.12e+02	9.19e+02	2.33e+03
F23	5.97e+02	6.29e+02	7.58e+02
F24	5.78e+02	6.87e+02	8.11e+02
F25	3.87e+02	6.30e+02	1.16e+03
F26	2.65e+03	2.09e+03	4.60e+03
F27	5.77e+02	6.23e+02	1.08e+03
F28	4.14e+02	8.20e+02	1.84e+03
F29	1.01e+03	1.61e+03	2.24e+03
F30	2.55e+05	3.83e+06	6.12e+07
Best	22	6	2

Tabla 3.15: Dimensión 50

	BB-BC	DE	PSO
F01	4.20e+06	2.53e+10	4.33e+10
F02	1.49e+22	2.37e+62	1.00e+00
F03	7.23e+04	1.41e+05	2.41e+05
F04	8.89e+01	3.86e+03	9.35e+03
F05	2.18e+02	5.86e+02	5.97e+02
F06	4.53e+01	9.23e+01	7.93e+01
F07	4.02e+02	6.94e+02	1.08e+03
F08	3.63e+02	6.14e+02	5.57e+02
F09	3.41e+04	3.54e+04	3.00e+04
F10	6.16e+03	1.22e+04	1.42e+04
F11	2.29e+02	2.91e+03	1.04e+04
F12	2.74e+07	5.93e+09	1.55e+10
F13	6.09e+05	8.60e+08	4.03e+09
F14	4.37e+04	4.35e+05	9.94e+06
F15	2.70e+05	1.84e+07	2.00e+08
F16	2.34e+03	3.92e+03	4.10e+03
F17	1.09e+03	2.39e+03	2.53e+03
F18	2.27e+05	3.77e+06	3.86e+07
F19	4.11e+05	1.82e+07	1.65e+08
F20	1.25e+03	1.33e+03	2.29e+03
F21	4.93e+02	7.45e+02	8.49e+02
F22	6.41e+03	1.33e+04	1.42e+04
F23	7.75e+02	1.10e+03	1.27e+03
F24	8.36e+02	1.10e+03	1.43e+03
F25	5.11e+02	2.47e+03	5.77e+03
F26	5.48e+03	4.38e+03	9.44e+03
F27	9.35e+02	1.29e+03	2.32e+03
F28	8.60e+02	2.70e+03	4.72e+03
F29	2.33e+03	3.61e+03	5.58e+03
F30	9.81e+06	2.03e+08	8.37e+08
Best	27	1	2

Tabla 3.16: Dimensión 100

	BB-BC	DE	PSO
F01	1.13e+07	1.05e+11	1.64e+11
F02	2.94e+76	2.11e+145	1.00e+00
F03	3.30e+05	3.20e+05	5.12e+05
F04	2.93e+02	2.30e+04	3.70e+04
F05	6.35e+02	1.39e+03	1.48e+03
F06	5.96e+01	1.03e+02	9.71e+01
F07	1.09e+03	1.94e+03	2.94e+03
F08	8.72e+02	1.31e+03	1.50e+03
F09	5.55e+04	7.68e+04	8.35e+04
F10	1.27e+04	2.73e+04	3.12e+04
F11	2.49e+03	1.37e+05	1.82e+05
F12	5.55e+07	4.40e+10	6.31e+10
F13	7.23e+05	5.42e+09	9.41e+09
F14	7.57e+05	7.47e+06	4.61e+07
F15	2.62e+05	1.14e+09	2.27e+09
F16	3.93e+03	1.04e+04	1.21e+04
F17	3.71e+03	8.08e+03	1.36e+04
F18	7.65e+05	1.43e+07	1.01e+08
F19	2.80e+06	1.22e+09	2.58e+09
F20	3.07e+03	5.03e+03	5.86e+03
F21	1.08e+03	1.86e+03	2.00e+03
F22	1.43e+04	2.98e+04	3.26e+04
F23	1.36e+03	2.34e+03	2.72e+03
F24	2.02e+03	3.50e+03	4.11e+03
F25	8.92e+02	1.02e+04	1.42e+04
F26	1.50e+04	2.16e+04	2.88e+04
F27	1.35e+03	3.08e+03	4.28e+03
F28	8.47e+02	1.43e+04	1.67e+04
F29	5.08e+03	1.13e+04	1.49e+04
F30	1.80e+07	2.13e+09	6.92e+09
Best	28	1	1

50 % de las evaluaciones

Tabla 3.17: Dimensión 10

	BB-BC	DE	PSO
F01	5.32e+03	2.00e-05	1.85e+08
F02	0.00e+00	0.00e+00	1.00e+00
F03	1.75e-02	2.81e-08	3.46e+03
F04	9.55e-03	2.36e-01	6.36e+01
F05	2.89e+01	1.15e+02	4.73e+01
F06	6.97e-02	3.47e+01	1.36e+01
F07	2.11e+01	4.38e+01	5.70e+01
F08	4.08e+01	2.98e+01	2.97e+01
F09	1.06e+03	2.09e+02	8.36e+01
F10	8.15e+02	5.31e+02	1.32e+03
F11	1.38e+02	5.90e+00	5.04e+01
F12	5.30e+04	7.66e+01	4.64e+06
F13	8.89e+03	1.11e+01	1.23e+04
F14	8.29e+01	1.54e+01	1.64e+02
F15	9.69e+03	4.37e-01	3.23e+03
F16	4.21e+02	4.56e+02	1.85e+02
F17	5.39e+01	3.12e+01	7.63e+01
F18	4.15e+04	1.67e-01	2.65e+04
F19	1.98e+02	4.60e-01	5.86e+03
F20	1.07e+02	3.84e+02	1.10e+02
F21	2.28e+02	1.92e+02	1.42e+02
F22	1.02e+02	1.02e+02	1.03e+02
F23	3.23e+02	8.12e+02	3.37e+02
F24	3.64e+02	1.00e+02	2.04e+02
F25	3.98e+02	4.04e+02	4.54e+02
F26	4.37e+02	2.71e+02	4.17e+02
F27	4.10e+02	3.90e+02	4.20e+02
F28	9.36e+02	3.52e+02	5.24e+02
F29	3.55e+02	2.51e+02	3.51e+02
F30	5.00e+03	8.05e+04	1.48e+06
Best	9	18	4

Tabla 3.18: Dimensión 30

	BB-BC	DE	PSO
F01	5.03e+04	1.79e+07	7.70e+09
F02	4.08e+06	5.44e+23	1.00e+00
F03	2.00e-01	1.37e+04	7.12e+04
F04	3.86e+00	9.42e+01	1.66e+03
F05	8.96e+01	2.20e+02	2.60e+02
F06	2.91e+01	2.14e+01	4.67e+01
F07	1.54e+02	2.52e+02	4.10e+02
F08	1.30e+02	2.09e+02	2.16e+02
F09	6.06e+03	2.78e+03	4.10e+03
F10	2.61e+03	4.42e+03	7.43e+03
F11	3.54e+02	1.12e+02	1.56e+03
F12	2.96e+05	5.64e+06	6.94e+08
F13	2.31e+04	1.51e+03	2.36e+08
F14	5.20e+03	8.11e+01	4.77e+05
F15	6.54e+04	1.14e+02	1.26e+06
F16	1.44e+03	1.51e+03	1.86e+03
F17	1.21e+03	5.82e+02	5.51e+02
F18	1.13e+05	3.29e+02	4.17e+06
F19	5.32e+04	4.63e+01	2.33e+06
F20	7.87e+02	3.11e+02	6.19e+02
F21	3.66e+02	3.50e+02	4.49e+02
F22	1.01e+02	1.18e+02	1.35e+03
F23	5.96e+02	5.52e+02	6.91e+02
F24	5.78e+02	6.21e+02	7.47e+02
F25	3.87e+02	3.90e+02	7.75e+02
F26	2.64e+03	4.90e+02	3.73e+03
F27	5.76e+02	5.15e+02	8.85e+02
F28	4.03e+02	4.37e+02	1.29e+03
F29	9.84e+02	1.17e+03	1.61e+03
F30	1.25e+05	1.57e+04	2.02e+07
Best	14	14	2

Tabla 3.19: Dimensión 50

	BB-BC	DE	PSO
F01	1.97e+05	2.17e+09	2.77e+10
F02	6.28e+15	4.83e+55	1.00e+00
F03	1.50e+00	9.97e+04	1.56e+05
F04	6.62e+01	4.73e+02	5.62e+03
F05	2.15e+02	4.20e+02	5.04e+02
F06	4.21e+01	3.05e+01	6.43e+01
F07	3.60e+02	5.14e+02	9.02e+02
F08	3.60e+02	4.28e+02	4.62e+02
F09	2.47e+04	2.76e+04	2.12e+04
F10	6.03e+03	1.15e+04	1.37e+04
F11	2.07e+02	3.58e+02	4.51e+03
F12	2.41e+06	4.92e+08	8.92e+09
F13	2.83e+05	1.17e+06	1.63e+09
F14	1.32e+04	2.68e+02	2.88e+06
F15	2.04e+05	4.14e+03	2.74e+07
F16	2.23e+03	3.28e+03	3.13e+03
F17	1.08e+03	1.99e+03	1.82e+03
F18	1.08e+05	2.09e+05	1.80e+07
F19	1.02e+05	3.56e+03	3.43e+07
F20	1.24e+03	9.67e+02	1.58e+03
F21	4.90e+02	6.43e+02	7.51e+02
F22	6.35e+03	6.64e+02	1.33e+04
F23	7.71e+02	8.76e+02	1.16e+03
F24	8.34e+02	9.11e+02	1.27e+03
F25	5.06e+02	7.40e+02	3.76e+03
F26	5.43e+03	1.48e+03	8.46e+03
F27	9.30e+02	6.95e+02	1.91e+03
F28	5.17e+02	6.62e+02	3.88e+03
F29	2.15e+03	2.48e+03	4.27e+03
F30	4.48e+06	8.86e+06	4.57e+08
Best	20	8	2

Tabla 3.20: Dimensión 100

	BB-BC	DE	PSO
F01	4.08e+05	3.27e+10	1.33e+11
F02	1.37e+69	6.15e+138	1.00e+00
F03	7.83e+04	2.69e+05	3.67e+05
F04	2.44e+02	3.95e+03	2.77e+04
F05	6.29e+02	1.04e+03	1.32e+03
F06	5.58e+01	5.46e+01	8.43e+01
F07	9.90e+02	1.39e+03	2.54e+03
F08	8.66e+02	1.05e+03	1.35e+03
F09	3.76e+04	7.18e+04	6.80e+04
F10	1.25e+04	2.63e+04	3.06e+04
F11	2.06e+03	5.86e+04	8.64e+04
F12	1.12e+07	1.05e+10	4.69e+10
F13	1.23e+05	2.98e+08	6.05e+09
F14	1.31e+05	1.17e+06	2.72e+07
F15	7.33e+04	1.15e+07	6.84e+08
F16	3.68e+03	8.95e+03	9.97e+03
F17	3.65e+03	5.87e+03	7.20e+03
F18	2.20e+05	6.53e+06	3.11e+07
F19	4.69e+05	3.44e+07	1.19e+09
F20	3.03e+03	4.26e+03	5.45e+03
F21	1.07e+03	1.35e+03	1.81e+03
F22	1.40e+04	7.25e+03	3.19e+04
F23	1.35e+03	1.65e+03	2.48e+03
F24	2.02e+03	2.04e+03	3.65e+03
F25	7.40e+02	4.07e+03	1.10e+04
F26	1.49e+04	1.47e+04	2.65e+04
F27	1.34e+03	1.41e+03	3.57e+03
F28	6.36e+02	3.67e+03	1.41e+04
F29	4.74e+03	7.58e+03	1.20e+04
F30	2.83e+06	5.22e+07	4.51e+09
Best	26	3	1

100 % de las evaluaciones

Tabla 3.21: Dimensión 10

	BB-BC	DE	PSO
F01	2.40e+03	0.00e+00	5.26e+07
F02	0.00e+00	0.00e+00	1.00e+00
F03	3.71e-03	0.00e+00	1.99e+03
F04	2.48e-04	1.11e-04	4.68e+01
F05	2.89e+01	1.15e+02	3.21e+01
F06	2.08e-02	3.46e+01	1.00e+01
F07	2.11e+01	3.85e+01	4.28e+01
F08	4.08e+01	2.98e+01	2.20e+01
F09	1.06e+03	1.94e+02	5.69e+01
F10	8.15e+02	3.60e+02	1.08e+03
F11	1.37e+02	1.94e-02	3.84e+01
F12	5.26e+04	4.93e+00	2.52e+06
F13	7.95e+03	5.99e+00	8.41e+03
F14	8.29e+01	5.24e-02	9.99e+01
F15	4.52e+03	6.06e-02	2.07e+03
F16	4.21e+02	4.56e+02	1.41e+02
F17	5.38e+01	2.35e+01	6.50e+01
F18	3.72e+04	3.63e-02	1.48e+04
F19	1.62e+02	5.19e-03	3.22e+03
F20	1.07e+02	3.84e+02	8.44e+01
F21	2.28e+02	1.89e+02	1.32e+02
F22	1.02e+02	1.00e+02	7.74e+01
F23	3.23e+02	8.10e+02	3.30e+02
F24	3.64e+02	1.00e+02	1.81e+02
F25	3.98e+02	4.04e+02	4.48e+02
F26	4.37e+02	2.71e+02	3.73e+02
F27	4.10e+02	3.90e+02	4.13e+02
F28	9.36e+02	3.52e+02	4.70e+02
F29	3.55e+02	2.38e+02	3.19e+02
F30	3.11e+03	8.05e+04	6.35e+05
Best	7	18	6

Tabla 3.22: Dimensión 30

	BB-BC	DE	PSO
F01	1.14e+04	4.91e+04	4.18e+09
F02	1.42e+06	1.31e+19	1.00e+00
F03	5.23e-02	3.48e+03	5.45e+04
F04	1.21e-01	8.43e+01	1.18e+03
F05	8.96e+01	2.01e+02	2.17e+02
F06	2.89e+01	6.32e+00	3.69e+01
F07	1.54e+02	2.33e+02	3.60e+02
F08	1.30e+02	1.89e+02	1.75e+02
F09	6.03e+03	6.53e+01	2.84e+03
F10	2.61e+03	3.76e+03	6.94e+03
F11	3.54e+02	7.96e+01	1.21e+03
F12	1.71e+05	3.26e+05	3.59e+08
F13	2.30e+04	1.54e+02	4.51e+07
F14	2.61e+03	7.10e+01	3.06e+05
F15	6.54e+04	6.26e+01	2.74e+05
F16	1.43e+03	1.32e+03	1.57e+03
F17	1.21e+03	4.81e+02	4.73e+02
F18	8.38e+04	6.12e+01	2.17e+06
F19	3.58e+04	3.57e+01	1.26e+06
F20	7.87e+02	2.75e+02	4.62e+02
F21	3.66e+02	3.25e+02	4.11e+02
F22	1.00e+02	1.00e+02	1.03e+03
F23	5.96e+02	5.35e+02	6.40e+02
F24	5.78e+02	6.06e+02	7.10e+02
F25	3.87e+02	3.87e+02	6.86e+02
F26	2.64e+03	4.04e+02	3.37e+03
F27	5.76e+02	4.93e+02	8.07e+02
F28	4.03e+02	3.94e+02	1.11e+03
F29	9.83e+02	1.03e+03	1.41e+03
F30	9.09e+04	3.66e+03	1.36e+07
Best	11	17	2

Tabla 3.23: Dimensión 50

	BB-BC	DE	PSO
F01	6.91e+04	2.04e+08	1.82e+10
F02	1.53e+15	5.16e+52	1.00e+00
F03	2.05e-01	7.60e+04	1.01e+05
F04	1.98e-01	2.32e+02	4.09e+03
F05	2.15e+02	3.98e+02	4.33e+02
F06	4.18e+01	1.18e+01	5.45e+01
F07	3.59e+02	4.78e+02	8.20e+02
F08	3.60e+02	4.07e+02	4.08e+02
F09	2.43e+04	3.76e+03	1.62e+04
F10	6.02e+03	1.13e+04	1.29e+04
F11	2.06e+02	2.17e+02	3.15e+03
F12	1.23e+06	1.38e+08	6.06e+09
F13	2.64e+05	2.73e+04	5.26e+08
F14	4.52e+03	1.68e+02	1.56e+06
F15	1.90e+05	5.09e+02	5.79e+06
F16	2.19e+03	3.05e+03	2.74e+03
F17	1.08e+03	1.83e+03	1.65e+03
F18	8.07e+04	2.42e+04	1.20e+07
F19	5.22e+04	1.32e+02	1.34e+07
F20	1.24e+03	9.38e+02	1.28e+03
F21	4.90e+02	6.18e+02	6.66e+02
F22	6.35e+03	1.71e+02	1.26e+04
F23	7.71e+02	8.43e+02	1.10e+03
F24	8.34e+02	8.85e+02	1.21e+03
F25	4.61e+02	5.67e+02	3.07e+03
F26	5.43e+03	5.75e+02	7.89e+03
F27	9.30e+02	5.77e+02	1.74e+03
F28	4.85e+02	5.01e+02	3.47e+03
F29	2.10e+03	2.22e+03	3.57e+03
F30	3.47e+06	2.39e+06	3.37e+08
Best	17	12	1

Tabla 3.24: Dimensión 100

	BB-BC	DE	PSO
F01	1.20e+05	1.03e+10	1.10e+11
F02	6.25e+68	7.02e+135	1.00e+00
F03	2.10e+04	2.28e+05	2.92e+05
F04	2.35e+02	1.49e+03	2.26e+04
F05	6.29e+02	9.97e+02	1.16e+03
F06	5.55e+01	3.60e+01	7.54e+01
F07	9.87e+02	1.18e+03	2.37e+03
F08	8.66e+02	9.97e+02	1.23e+03
F09	3.68e+04	3.09e+04	5.58e+04
F10	1.25e+04	2.60e+04	2.97e+04
F11	1.91e+03	2.78e+04	6.68e+04
F12	4.59e+06	4.40e+09	3.66e+10
F13	1.14e+05	3.04e+07	3.72e+09
F14	4.17e+04	2.13e+05	1.88e+07
F15	6.98e+04	7.51e+05	9.41e+07
F16	3.58e+03	8.58e+03	8.69e+03
F17	3.65e+03	5.53e+03	5.96e+03
F18	1.56e+05	4.45e+06	1.16e+07
F19	2.14e+05	4.17e+06	5.26e+08
F20	3.02e+03	3.94e+03	4.93e+03
F21	1.07e+03	1.26e+03	1.68e+03
F22	1.40e+04	1.98e+03	3.15e+04
F23	1.35e+03	1.55e+03	2.37e+03
F24	2.01e+03	1.90e+03	3.46e+03
F25	7.39e+02	2.28e+03	9.64e+03
F26	1.49e+04	1.36e+04	2.54e+04
F27	1.34e+03	1.11e+03	3.21e+03
F28	6.32e+02	1.69e+03	1.27e+04
F29	4.69e+03	6.96e+03	1.07e+04
F30	1.35e+06	8.92e+06	3.02e+09
Best	23	6	1

4. Versión memética

10 % de las evaluaciones

Tabla 4.1: Dimensión 10

Tabla 4.2: Dimensión 30

Tabla 4.3: Dimensión 50

Tabla 4.4: Dimensión 100

50 % de las evaluaciones

Tabla 4.5: Dimensión 10

Tabla 4.6: Dimensión 30

Tabla 4.7: Dimensión 50

Tabla 4.8: Dimensión 100

100 % de las evaluaciones

Tabla 4.9: Dimensión 10

Tabla 4.10: Dimensión 30

Tabla 4.11: Dimensión 50

Tabla 4.12: Dimensión 100

Referencias

- [1] Daniel Molina Cabrera. Tacolab. <https://tacolab.org/bench>.