

Agrupamiento de Documentos Web Basados en la Búsqueda Cucú



Anexos

**HENRY MUÑOZ COLLAZOS
RICHAR ANDERSON URBANO MUÑOZ**

Director: Ph.D. (c) MSc. CARLOS ALBERTO COBOS LOZADA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS
GRUPO DE I+D EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN – BÚSQUEDAS WEB
POPAYÁN, AGOSTO DE 2013**

Tabla de Contenido

Anexo A – Implementación del Sistema Comparativo (PCS)	6
B. SISTEMA SOFTWARE COMPARATIVO (PCS)	6
B.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA	6
B.1.1 Iniciación.....	7
B.1.2 Elaboración.....	7
B.1.3 Construcción.....	7
B.1.4 Transición	8
B.2 ARQUITECTURA DEL SISTEMA SOFTWARE COMPARATIVO (PCS)	8
B.2.1 Capa de presentación.....	10
B.2.2 Capa lógica del negocio	10
B.2.3 Capa lógica de servicios.....	11
B.3 ANÁLISIS Y DISEÑO	11
B.3.1 Casos de uso de alto nivel.....	11
B.3.2 Casos de uso real.....	12
B.3.3 Diagramas de clases	13
B.3.4 Interfaz de usuario	15
Anexo B – Experimentación Estudio Comparativo	18
C. RESULTADOS EXPERIMENTACIÓN.....	18
C.1 Evaluación 1: Mejor valor óptimo alcanzado en diferentes periodos de tiempo.....	18
C.2 Evaluación 2: Número de evaluaciones de la función objetivo requeridas para alcanzar el óptimo global.	26
C.3 Evaluación 3: Mejor valor óptimo alcanzado en diferente número de evaluaciones de la función objetivo	27
Anexo C – Implementación del Sistema de Laboratorio (WDC).....	37
D. SISTEMA DE LABORATORIO (WDC)	37
D.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA	37
D.1.1 Iniciación:.....	37
D.1.2 Elaboración:.....	37
D.1.3 Construcción:.....	37
D.1.4 Transición:	38

D.2	ARQUITECTURA DEL FRAMEWORK DE LABORATORIO (WDC).....	39
D.2.1	Capa de presentación.....	40
D.2.2	Capa lógica del negocio	40
D.2.3	Capa lógica de servicios.....	40
D.2.4	Capa de datos	40
D.3	ANÁLISIS Y DISEÑO	40
D.3.1	Casos de uso de alto nivel.....	40
D.3.2	Casos de uso real.....	41
D.3.3	Diagramas de clases	41
D.3.4	Interfaz de usuario	44
	BIBLIOGRAFÍA	47

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Caso de uso real - Ejecutar pruebas.....	12
Tabla 2. Descripción de las clases del sistema PCS.	14
Tabla 3. Valor medio y desviación estándar (\pm SD) obtenido en 30 ciclos de evaluación y 5 segundos de ejecución.	19
Tabla 4. Valor medio y desviación estándar (\pm SD) obtenido en 30 ciclos de evaluación y 10 segundos de ejecución.	20
Tabla 5. Valor medio y desviación estándar (\pm SD) obtenido en 30 ciclos de evaluación y 20 segundos de ejecución.	21
Tabla 6. Valor medio y desviación estándar (\pm SD) obtenido en 30 ciclos de evaluación y 40 segundos de ejecución.	23
Tabla 7. Valor medio y desviación estándar (\pm SD) obtenido en 30 ciclos de evaluación y 80 segundos de ejecución.	24
Tabla 8. Valor medio y desviación estándar (\pm SD) en 30 ciclos de ejecución.	26
Tabla 9. Valor medio y desviación estándar (\pm SD) en 30 ciclos de ejecuciones y 5.000 evaluaciones de la función objetivo.	28
Tabla 10. Valor medio y desviación estándar (\pm SD) del mejor valor de optimización obtenido en 30 ciclos de ejecuciones y 10.000 evaluaciones de la función objetivo.....	30
Tabla 11. Valor medio y desviación estándar (\pm SD) del mejor valor de optimización obtenido en 30 ciclos de ejecuciones y 20.000 evaluaciones de la función objetivo.....	32
Tabla 12. Valor medio y desviación estándar (\pm SD) del mejor valor de optimización obtenido en 30 ciclos de ejecuciones y 50.000 evaluaciones de la función objetivo.....	33
Tabla 13. Caso de uso real - Ejecutar pruebas.....	41
Tabla 14. Descripción de las clases del sistema WDC.	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Arquitectura software comparativo (PCS)	9
Figura 2. Diagrama de casos de uso para los usuarios del sistema comparativo (PCS)	11
Figura 3. Diagrama de clases del sistema PCS (Parte 1).	13
Figura 4. Diagrama de clases del sistema PCS (Parte 2).	13
Figura 5. Diagrama de clases del sistema PCS (Parte 3).	13
Figura 6. Diagrama de clases del sistema PCS (Parte 4).	14
Figura 7. Interfaz principal del software comparativo (PCS).....	15
Figura 8. Interfaz para configurar los parámetros de la prueba.....	16
Figura 9. Interfaz de resultados de la aplicación.	16
Figura 10. Interfaz de información de la aplicación.	17
Figura 11. Arquitectura del framework de laboratorio WDC	39
Figura 12. Diagrama de casos de uso para los usuarios del sistema de laboratorio (WDC)	40
Figura 13. Diagrama de clases del sistema PCS (Parte 1).	41
Figura 14. Diagrama de clases del sistema PCS (Parte 2).	42
Figura 15. Diagrama de clases del sistema PCS (Parte 3).	42
Figura 16. Diagrama de clases del sistema PCS (Parte 4).	42
Figura 17. Diagrama de clases del sistema PCS (Parte 5).	43
Figura 18. Interfaz de framework de laboratorio WDC.	44
Figura 19. Interfaz algoritmos WDC.	45
Figura 20. Interfaz de opciones conjuntos de datos para WDC-CSK.....	45
Figura 21. Interfaz de resultados WDC-CSK.....	46

Anexo A – Implementación del Sistema Comparativo (PCS)

A. SISTEMA SOFTWARE COMPARATIVO (PCS)

En el transcurso del desarrollo del proyecto los autores aplicaron diferentes conocimientos adquiridos durante el proceso de formación como ingenieros de sistemas, integrándolos con conocimientos nuevos que ayudaron a culminar el proyecto cumpliendo con los objetivos propuestos. Las herramientas tecnológicas para desarrollar el proyecto (Microsoft: Visual Studio 2010, Microsoft Office 2010) fueron seleccionadas de acuerdo a la experiencia en su manejo por el grupo de investigación Grupo De I+D en Tecnologías de la Información (GTI) durante los últimos años, sobre todo en proyectos de trabajo de grado exitosos relacionados con Búsqueda Web. Además la disponibilidad del software gracias al convenio de la Universidad del Cauca con el programa MSDN Academic Alliance¹.

Para el desarrollo de las pruebas del proyecto se realizó un prototipo software que permitió efectuar las comparaciones entre las diferentes versiones del algoritmo CS mediante una serie de pruebas experimentales sobre 61 funciones clásicas usadas en optimización. El prototipo recibe el nombre Project Cuckoo Search (PCS). Esta labor requirió el uso de una metodología de desarrollo de software ágil basada en el Proceso Unificado (UP) que se describe a continuación.

A.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó en este proyecto es una instanciación del Proceso Unificado Ágil de Desarrollo de Software (AUP). La metodología está relacionada con el desarrollo de la herramienta computacional que permitió realizar las comparaciones de las versiones del algoritmo Búsqueda Cucú (Cuckoo Search, CS), a saber: el Algoritmo de Optimización Cucú basado en K-means (Cuckoo Optimization Algorithm, COA) [1], el Algoritmo de la Búsqueda Cucú Mejorada (Improved Cuckoo Search Algorithm, ICS) [2], la Búsqueda Cucú Modificada (Modified Cuckoo Search, MCS) [3], el Algoritmo Modificado de la Búsqueda Cucú (Modified Cuckoo Search Algorithm, MCSA)[4] y la Búsqueda Cucú usando

¹“Acuerdo que vincula a Microsoft con entidades educativas universitarias, en la cual se permite tener acceso a software de desarrollo con propósitos académicos”.

Modelos Evolutivos que Aprenden (Cuckoo Search using Learnable Evolutionary Models, CS+LEM). A continuación se muestra un resumen de cada fase:

A.1.1 Iniciación

En esta fase se realizó un diseño preliminar de las seis versiones del algoritmo de la Búsqueda Cucú anteriormente mencionadas y de la herramienta que permitió realizar la comparación de los mismos. Como resultado de esta fase se obtuvo el diagrama general de casos de uso de la herramienta.

A.1.2 Elaboración

En esta fase se definieron los requisitos necesarios para el modelado y diseño de los algoritmos, y el afinamiento de la arquitectura general de la herramienta. Como resultado de esta fase se obtuvieron los siguientes artefactos de manera preliminar: Casos de Uso de alto nivel, Diagramas de Clases y la Arquitectura Base.

A.1.3 Construcción

Una vez realizadas las fases de Iniciación y Elaboración, se obtuvo un prototipo funcional de cada una de las versiones del algoritmo CS y de la herramienta que permitió compararlos. Para el desarrollo de esta etapa se tuvo en cuenta las siguientes actividades:

- **Análisis:** Se profundizó sobre los artefactos generados durante la fase de elaboración para la construcción de éstos.
- **Diseño:** Se realizaron los casos de uso reales que sirvieron como guía para la construcción de las diferentes funcionalidades
- **Implementación:** Se implementó la herramienta y cada uno de los algoritmos teniendo en cuenta los artefactos obtenidos en las actividades anteriores (Análisis y Diseño).
- **Pruebas:** Se realizaron las validaciones pertinentes sobre la herramienta para verificar el resultado de esta actividad.

A.1.3.1 Ciclos de desarrollo

Los ciclos de desarrollo permitieron dividir la funcionalidad del sistema en funciones más pequeñas que facilitaron la labor de construcción de la herramienta cumpliendo con cada una de las fases mencionadas anteriormente. Los ciclos desarrollados fueron:

- **Ciclo 1. Desarrollo algoritmos:** En este ciclo se modeló e implementó los algoritmos utilizando Microsoft Visual Studio 2010 y C# como lenguaje de programación.
- **Ciclo 2. Mecanismo de comparación entre algoritmos:** En este ciclo se definieron e implementaron las 61 funciones de prueba basadas en las propuestas en los artículos “Benchmark Functions for the CEC’2010 Special Session and Competition on Large-Scale Global Optimization” [5-7] y “A comparative study of Artificial Bee Colony algorithm” [8] que proporcionan un balance adecuado de niveles de complejidad. Funciones que posteriormente se usaron para realizar la comparación de los algoritmos.
- **Ciclo 3. Tabulación y reporte de resultados de las comparativas:** En este ciclo se desarrolló el mecanismo para obtener los resultados de la comparativa de los algoritmos a través de archivos Excel.

A.1.4 Transición

Después de finalizar la fase de construcción de la herramienta, se verificó la funcionalidad de la misma y se realizó el análisis de los resultados de las seis versiones del algoritmo CS con la finalidad de seleccionar la mejor versión y ver su viabilidad en el problema del agrupamiento de documentos Web.

A.2 ARQUITECTURA DEL SISTEMA SOFTWARE COMPARATIVO (PCS)

Para el sistema comparativo PCS se definió una arquitectura multicapa que consta de tres capas: 1) Capa de presentación, 2) Capa de lógica de negocio y 3) Capa de lógica del servicio. Entre las ventajas que se obtienen mediante el uso de este tipo de arquitectura están la flexibilidad, la escalabilidad y el mantenimiento eficiente del sistema. En la **Figura 1** se muestra la arquitectura del sistema y sus componentes.

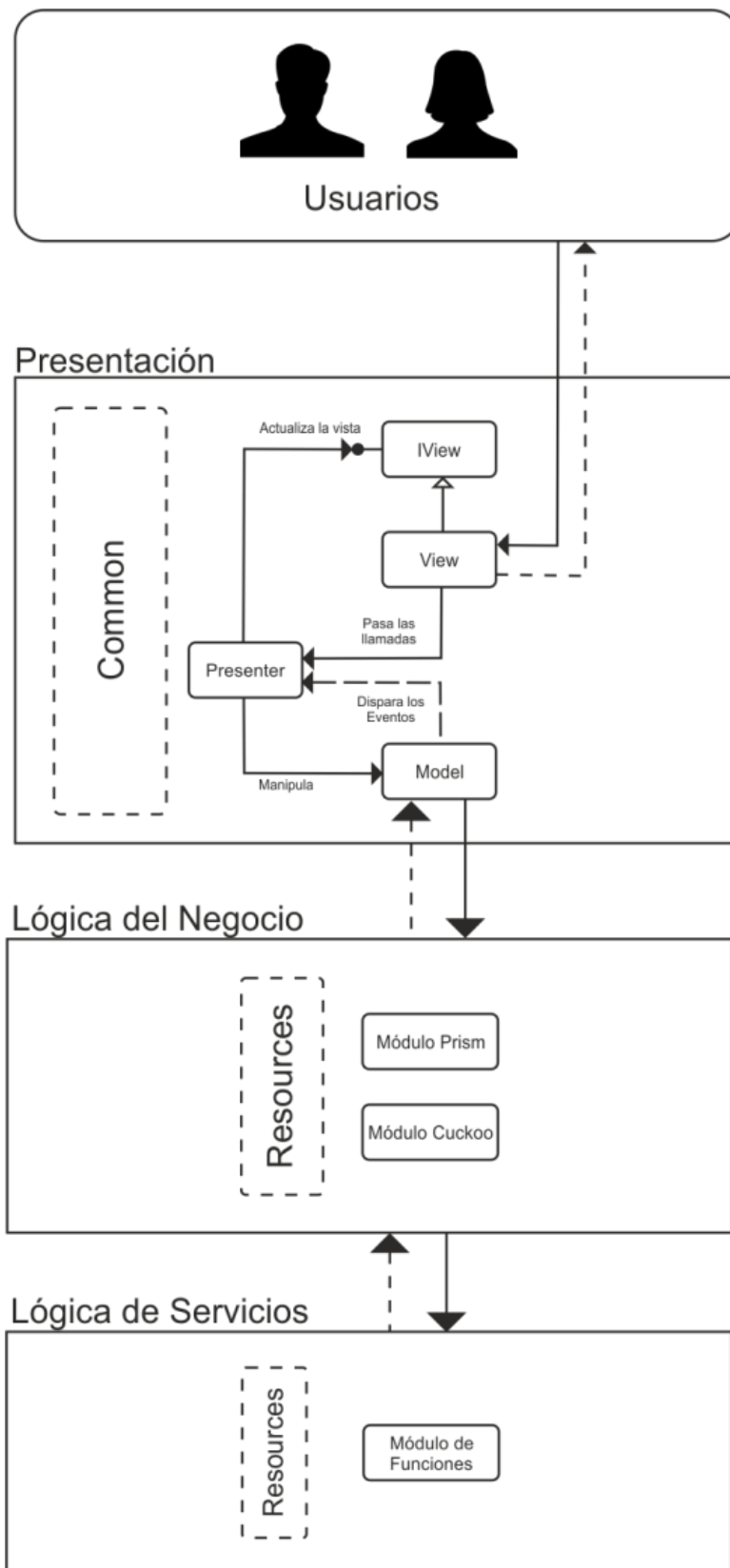


Figura 1. Arquitectura software comparativo (PCS)

A continuación se presenta una breve descripción de las funciones que tiene cada una de las capas de la arquitectura.

A.2.1 Capa de presentación

Esta capa es responsable de mostrar información al usuario e interpretar sus acciones. Los componentes de esta capa implementan la funcionalidad requerida para que los usuarios interactúen con la aplicación.

Con la finalidad de tener el modelo del dominio, la presentación y las acciones basadas en la interacción con el usuario en tres clases separadas se implementa en esta capa el patrón Modelo-Vista-Presentador (Model-View-Presenter, MVP). La Vista le delega a su Presentador toda la responsabilidad del manejo de los eventos del usuario. El Presentador se encarga de actualizar el Modelo cuando surge un evento en la Vista, pero también es responsable de actualizar la Vista cuando el Modelo le indica que ha cambiado. El Modelo no conoce la existencia del Presentador. Por lo cual, si el Modelo cambia debido a la acción de algún otro componente que no sea el Presentador, debe disparar un evento para que el Presentador se entere [8].

El patrón MVP tiene los siguientes componentes:

- **IVista (IView):** Es la interfaz con la que el Presentador se comunica con la vista.
- **Vista (View):** Vista que implementa la interfaz IVista y se encarga de manejar los aspectos visuales. Mantiene una referencia a su Presentador al cual le delega la responsabilidad del manejo de los eventos.
- **Presentador (Presenter):** Contiene la lógica para responder a los eventos y manipula el estado de la vista mediante una referencia a la interfaz IVista. El Presentador utiliza el modelo para saber cómo responder a los eventos. El presentador es responsable de establecer y administrar el estado de una vista.
- **Modelo (Model):** Está compuesto por los objetos que conocen y manejan los datos dentro de la aplicación. Por ejemplo, pueden ser las clases que conforman el modelo del negocio.

A.2.2 Capa lógica del negocio

Esta capa es responsable de representar conceptos de negocio, información sobre la situación de los procesos de negocio e implementación de las reglas del dominio. Estos componentes implementan la funcionalidad principal del sistema y

encapsulan toda la lógica de negocio relevante. Está dividido en los siguientes módulos:

- **Módulo Cuckoo Search:** Contiene las diferentes versiones del algoritmos de la búsqueda cucú que realizaran la evaluación de las funciones de optimización.
- **Módulo Prism:** Contiene el proceso de inferencia de reglas necesario para la ejecución del algoritmo CS+LEM propuesto en el proyecto.
- **Módulo Resources:** Contiene las clases auxiliares que son utilizadas por el módulo Cuckoo Search.

A.2.3 Capa lógica de servicios

Esta capa es la responsable de proporcionar los servicios necesarios para que la capa lógica de negocio funcione de manera adecuada. Está dividido en los siguientes módulos:

- **Módulo de Funciones:** Contiene las 61 funciones de optimización que pueden ser evaluadas en la aplicación.
- **Módulo Resources:** Contiene las clases auxiliares que serán utilizadas por el módulo de funciones.

A.3 ANÁLISIS Y DISEÑO

A continuación se muestran algunos resultados generales del sistema, resultado del análisis, diseño, implementación y pruebas en los diferentes ciclos, llevados a cabo para el desarrollo del software de laboratorio.

A.3.1 Casos de uso de alto nivel

En la **Figura 2** se muestra la única operación que el usuario puede realizar.



Figura 2. Diagrama de casos de uso para los usuarios del sistema comparativo (PCS)

A.3.2 Casos de uso real

A continuación se muestra el caso de uso real de PCS (ver **Tabla 1**).

Tabla 1. Caso de uso real - Ejecutar pruebas.

CASO DE USO REAL: EJECUTAR PRUEBAS		CU01
Actores: Usuario		
Precondiciones: Configurar los parámetros de la prueba.		
Propósito: Realizar la ejecución de las pruebas de experimentación		
Resumen: El Usuario selecciona la prueba que va a ejecutar. El sistema PCS ejecuta la prueba seleccionada con los parámetros previamente configurados, posteriormente presenta en la interfaz principal los resultados obtenidos.		
Tipo: Primario.		
CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS		
Acción del actor	Respuesta del sistema	
1. El usuario ejecuta la opción que da inicio a este caso de uso.		
	2. El sistema PCS presenta al usuario una interfaz con los diferentes tipos de pruebas que se pueden ejecutar, a saber: 1) mejor valor óptimo alcanzado en diferentes períodos de tiempo, 2) número de evaluaciones de la función objetivo requeridas para alcanzar el óptimo global, 3) mejor valor óptimo alcanzado en diferente número de evaluaciones de la función objetivo.	
3. El usuario puede modificar las opciones (parámetros) de ejecución en caso de ser necesario.		
4. El usuario selecciona la prueba que desea realizar.		
5. El usuario pulsa el botón Run .		
	6. El sistema PCS ejecuta la prueba seleccionada: <ul style="list-style-type: none"> a. Si es "Test 01", el sistema ejecuta la prueba con un número diferente de evaluaciones de la función objetivo. b. Si es "Test 02", el sistema ejecuta la prueba hasta obtener el número de evaluaciones de la función objetivo requeridas para alcanzar el óptimo global. c. Si es "Test 03", el sistema ejecuta la prueba con diferentes periodos de tiempo, para obtener el mejor valor óptimo para cada una de las funciones a evaluar. En todos los casos estas pruebas realizan treinta (30) ciclos de ejecuciones que constan de un número específico de iteraciones definidas en los parámetros configurados anteriormente. Las ejecuciones se realizan con 61 funciones de referencia que posteriormente son evaluadas por las diferentes versiones del algoritmo de la Búsqueda Cucú y luego almacena los resultados en un conjunto de archivos de Excel.	
	7. Una vez terminada la ejecución de la prueba seleccionada el sistema PCS presenta los resultados obtenidos en la interfaz principal y finaliza el sistema.	
CURSO ALTERNATIVO DE LOS EVENTOS		
5'. 'El sistema PCS comprueba la validez de los datos ingresados, si los datos no son correctos, se notifica al usuario permitiéndole modificarlos.		

A.3.3 Diagramas de clases

En las Figuras 3, 4, 5 y 6 se muestra el diagrama de clases del sistema PCS representado por paquetes. Debido a la dimensionalidad del paquete funciones solo se presentan 6 funciones de prueba (las más representativas) de un total de 61 (ver Figura 4). A continuación en la Tabla 2 se describe la funcionalidad de las principales clases.

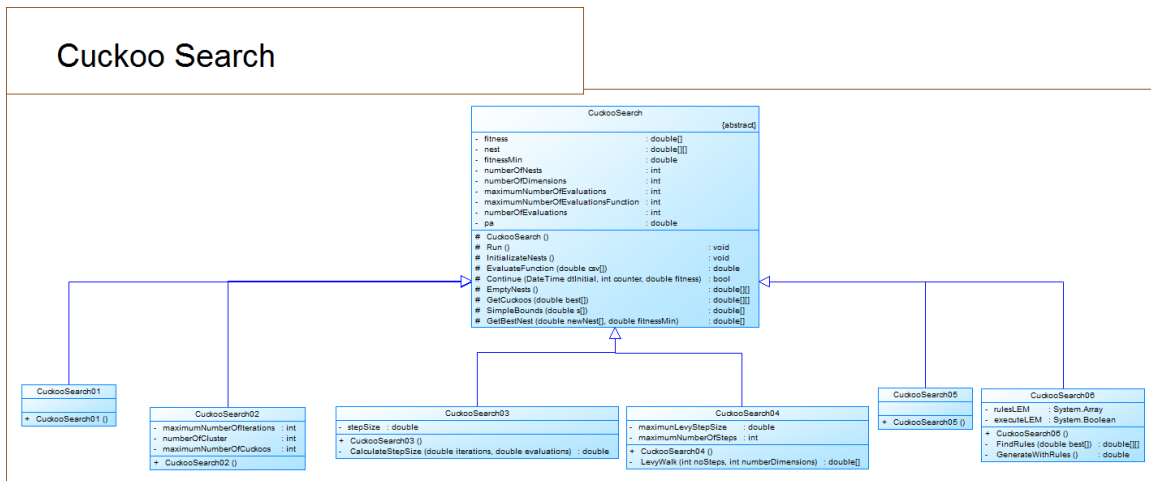


Figura 3. Diagrama de clases del sistema PCS (Parte 1).

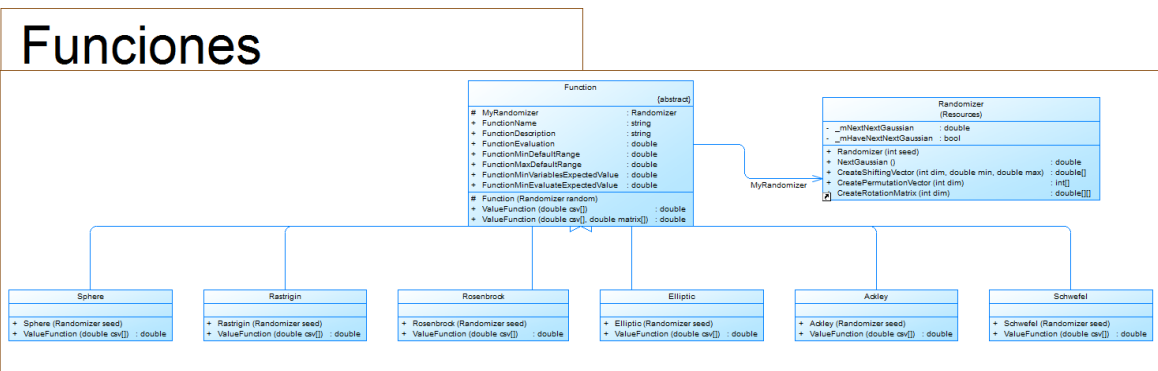


Figura 4. Diagrama de clases del sistema PCS (Parte 2).

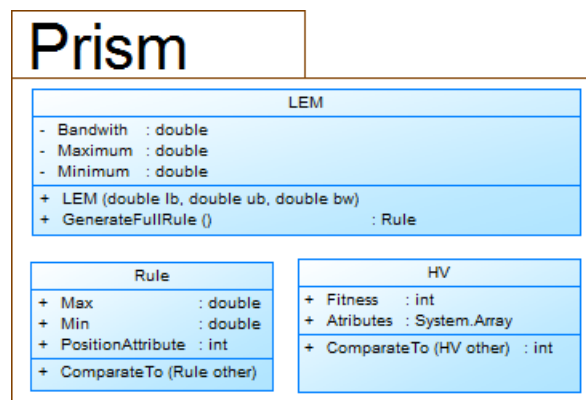


Figura 5. Diagrama de clases del sistema PCS (Parte 3).

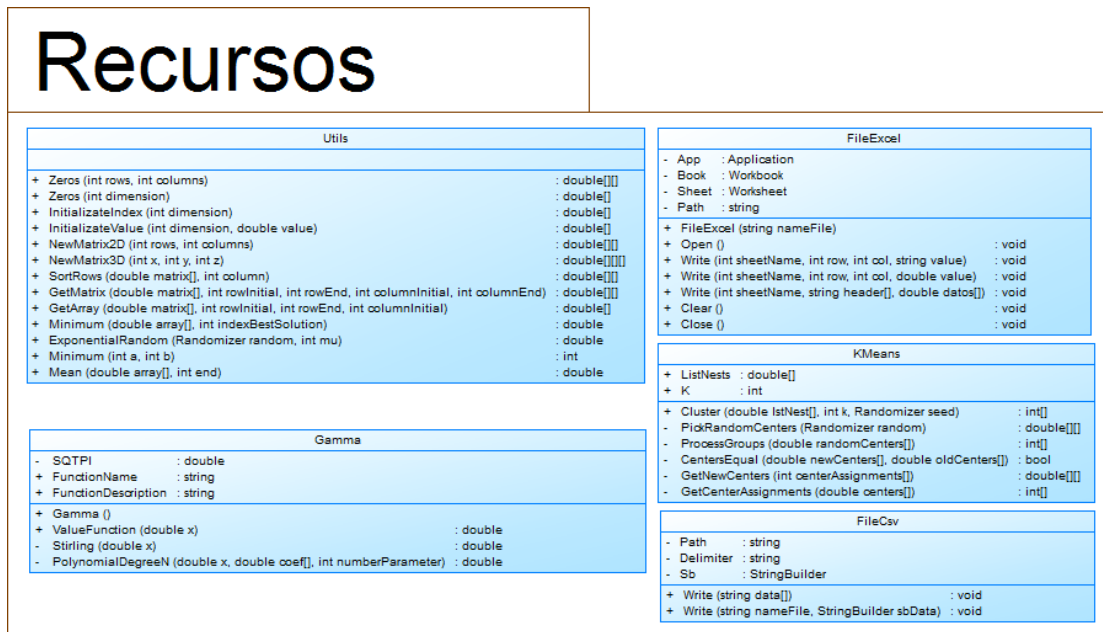


Figura 6. Diagrama de clases del sistema PCS (Parte 4).

Tabla 2. Descripción de las clases del sistema PCS.

CLASE	FUNCIÓN
Ackley	Clase derivada de Función que contiene las características de la función Ackley.
CuckooSearch	Representa las características básicas del algoritmo Búsqueda Cucú.
CuckooSearch01	Representa la funcionalidad del algoritmo CS Original.
CuckooSearch02	Representa la funcionalidad del algoritmo COA
CuckooSearch03	Representa la funcionalidad del algoritmo MCS.
CuckooSearch04	Representa la funcionalidad del algoritmo ICS.
CuckooSearch05	Representa la funcionalidad del algoritmo MCSA.
CuckooSearch06	Representa la funcionalidad del algoritmo CS+LEM.
Elliptic	Clase derivada de Función que contiene las características de la función Elíptica.
Function	Representa las características básicas de una función.
FileExcel	Representa la funcionalidad de persistencia en Archivos Excel.
FileCsv	Representa la funcionalidad de persistencia en Archivos CSV.
Gamma	Representa la funcionalidad de la función Gamma.
HV	Especifica los atributos y el fitness de una dimensión contenida en la población de nidos.
KMeans	Representa la funcionalidad del algoritmo K-means.
LEM	Contiene la funcionalidad necesaria para la ejecución de LEM (Modelo Evolutivo que Aprende).
Randomizer	Representa una instancia del tipo de dato Random que hace parte del lenguaje C#.
Rastrigin	Clase derivada de Función que contiene las características de la función Rastrigin.
Rosenbrock	Clase derivada de Función que contiene las características de la función Rosenbrock.
Rule	Especifica las características de una regla.
Sphere	Clase derivada de Función que contiene las características de la función Esfera.
Schwefel	Clase derivada de Función que contiene las características de la función Schwefel.
Utils	Representa los métodos auxiliares genéricos usados por los algoritmos para el procesamiento de vectores.

A.3.4 Interfaz de usuario

A continuación se hace una descripción general de PCS a nivel funcional. El funcionamiento del software PCS se resume en tres pasos:

1. Al ejecutar la aplicación el programa muestra una interfaz de usuario (ver **Figura 7**) la cual permite escoger el tipo de prueba que se desea ejecutar y opcionalmente seleccionar los parámetros de prueba: número de evaluaciones y número de ejecuciones (por defecto se definen en 50.000 y 30, respectivamente) (ver **Figura 8**).
2. Al realizar la ejecución de la prueba seleccionada el sistema muestra un mensaje indicando al usuario que se encuentra procesando las pruebas.
3. Finalmente, el sistema despliega en pantalla (ver **Figura 9**) los resultados generales obtenidos tras la ejecución de las pruebas.

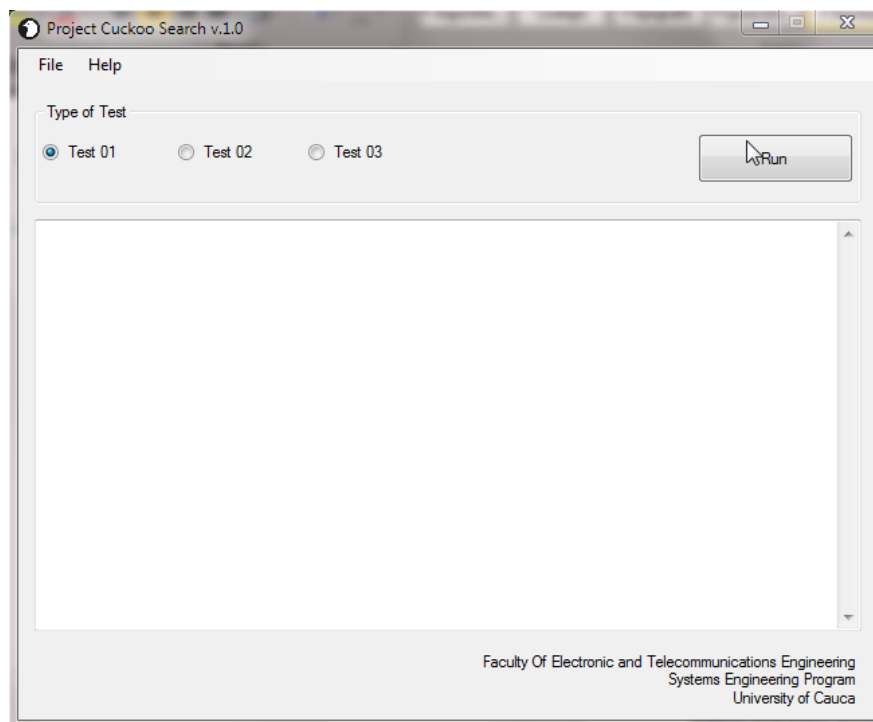


Figura 7. Interfaz principal del software comparativo (PCS).

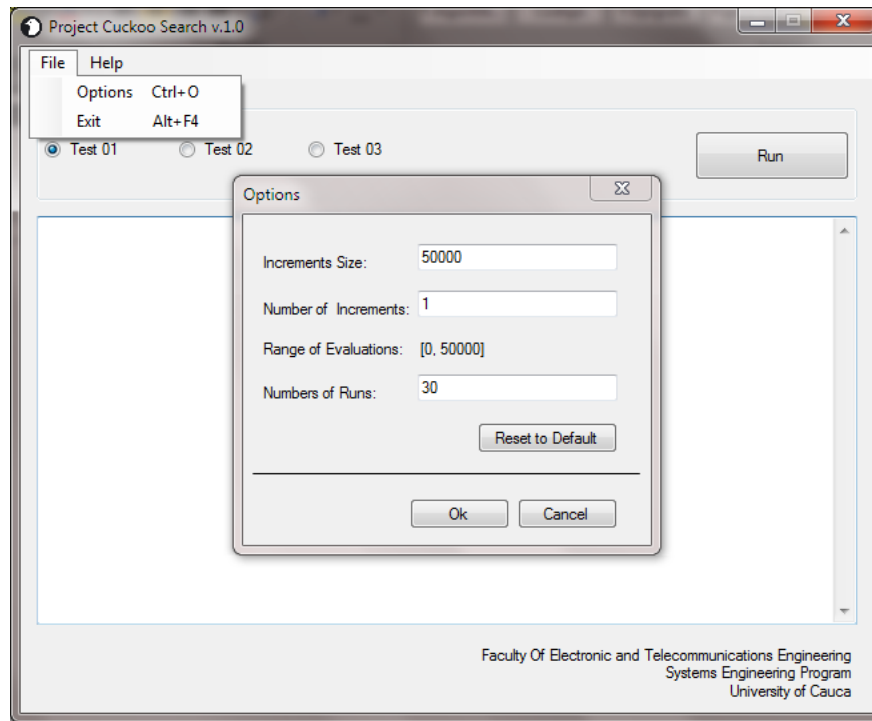


Figura 8. Interfaz para configurar los parámetros de la prueba.

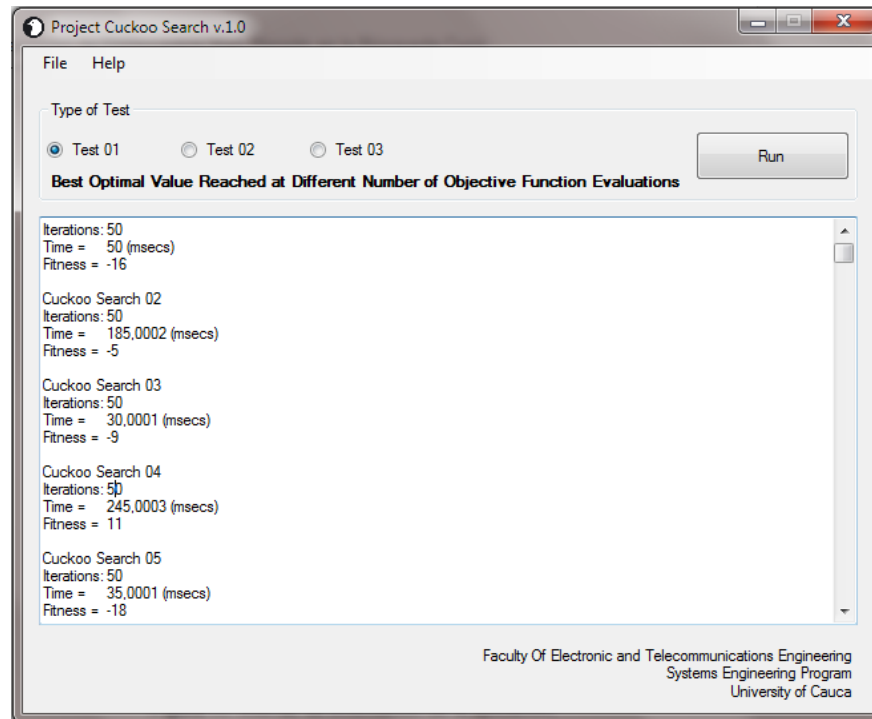


Figura 9. Interfaz de resultados de la aplicación.

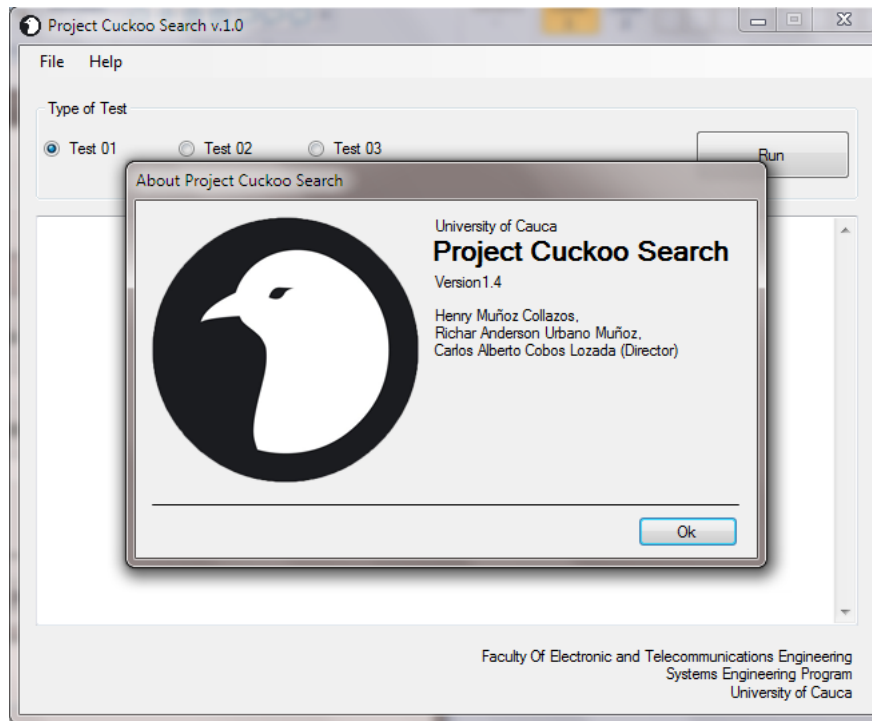


Figura 10. Interfaz de información de la aplicación.

Anexo B – Experimentación Estudio Comparativo

B. RESULTADOS EXPERIMENTACIÓN

Empleando el Software Comparativo PCS se efectuaron las comparaciones entre las diferentes versiones del algoritmo CS mediante una serie de pruebas experimentales sobre 61 funciones clásicas usadas en optimización. A continuación se muestra los resultados de las versiones del algoritmo CS en tres diferentes evaluaciones, a saber: 1) mejor valor óptimo alcanzado en diferentes periodos de tiempo, 2) número de evaluaciones de la función objetivo requeridas para alcanzar el óptimo global, 3) mejor valor óptimo alcanzado en diferente número de evaluaciones de la función objetivo.

B.1 Evaluación 1: Mejor valor óptimo alcanzado en diferentes periodos de tiempo

En las **Tablas 3, 4, 5, 6 y 7** se presentan los resultados de las pruebas comparativas aplicadas a las versiones del algoritmo Búsqueda Cucú con el objeto de obtener el valor mínimo más cercano al global de la función objetivo alcanzado por cada uno de los algoritmos. La prueba comparativa se realizó en 5 periodos de tiempo de ejecución, a saber: 5, 10, 20, 40 y 80 segundos sobre 61 funciones estándar de prueba. A continuación se muestran los resultados obtenidos en 30 ciclos de evaluación para cada periodo de tiempo.

Tiempo Función	5 Segundos					
	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
46	1E+10 ± 0	1.38E+17 ± 6.53E+16	1E+10 ± 0	3.01E+16 ± 1.45E+16	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
47	553.380127 ± 49.36212691	819.253285 ± 94.00671668	558.242664 ± 50.34064594	559.983015 ± 54.69195852	567.239842 ± 41.83328774	566.431619 ± 45.11616888
48	42.148515 ± 0.312805788	43.0968248 ± 0.424659796	42.0558682 ± 0.388949456	42.0994792 ± 0.26145244	42.1641993 ± 0.357272531	42.1157848 ± 0.45126722
49	9946887604 ± 936278320	1.23E+11 ± 52245772619	9918766214 ± 437457324	2.6321E+10 ± 11531702798	9955305351 ± 240688051.6	9852954800 ± 727206468
50	568.001836 ± 46.94349167	771.01549 ± 123.3120155	554.668741 ± 64.01861387	555.016177 ± 39.96745408	568.339416 ± 49.14810115	562.437429 ± 46.61658246
51	42.1093404 ± 0.33681091	42.9577198 ± 0.318030546	42.1776684 ± 0.274490054	42.1836392 ± 0.304463147	42.1429849 ± 0.42257112	42.1138271 ± 0.305893053
52	1E+10 ± 0	2.64E+11 ± 1.09145E+11	1E+10 ± 0	1.03E+11 ± 33633562441	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
53	1E+10 ± 0	2.46E+11 ± 98825191610	1E+10 ± 0	1.10E+11 ± 31728074746	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
54	14.2543844 ± 0.201740819	14.9302374 ± 0.186115804	14.3212103 ± 0.20909194	14.3881196 ± 0.165338978	14.2836121 ± 0.25604218	14.2933739 ± 0.231652148
55	51.1449686 ± 2.067860081	60.12496 ± 3.904181085	51.0768863 ± 1.747148824	51.067993 ± 1.671386922	50.8221097 ± 2.360133696	51.1912353 ± 1.788892582
56	206.263427 ± 142.5241795	444.839528 ± 146.0242929	117.06861 ± 137.9352965	147.085839 ± 146.0627594	142.32644 ± 153.6768692	128.734736 ± 140.359269
57	0.22958902 ± 0.330098246	11318.9303 ± 56311.42977	0.22524248 ± 0.342834704	0.16560443 ± 0.137637489	0.21709159 ± 0.20802686	0.18074264 ± 0.164304528
58	1121064983 ± 1937632669	7.33E+11 ± 8.83798E+11	1729077770 ± 2235504665	4101082313 ± 6898353053	3309938390 ± 3507716782	2305434868 ± 3524471225
59	1798047482 ± 2857946999	8.93E+11 ± 6.98652E+11	3021449607 ± 3788885581	6754921124 ± 20203792749	2421098443 ± 2430060303	456331707 ± 514632277.4
60	-1.58938271 ± 0.528852194	-0.17110751 ± 0.237870954	-1.42951279 ± 0.427458271	-1.44738634 ± 0.582318332	-1.64632366 ± 0.464633993	-1.5365309 ± 0.479986916
61	-1.15600865 ± 0.121968894	-0.27527605 ± 0.53173283	-1.13115331 ± 0.134705146	-1.14289716 ± 0.121843851	-1.11465416 ± 0.122912081	-1.13679159 ± 0.106395972

Tabla 4. Valor medio y desviación estándar (±SD) obtenido en 30 ciclos de evaluación y 10 segundos de ejecución.

Tiempo Función	10 Segundos					
	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
1	4.2333333 ± 4.1366922	-1.7333333 ± 4.618321	3.8333333 ± 3.3274949	9.8333333 ± 3.1526003	0.5 ± 5.4512995	2.8 ± 4.4301994
2	58152.667 ± 15530.302	65325.367 ± 8764.4853	60777.733 ± 10207.621	68526.267 ± 8148.7848	55445.533 ± 15838.946	42661.033 ± 11041.615
3	51769.378 ± 15708.214	66630.749 ± 7484.0685	65800.924 ± 7551.049	68663.463 ± 6134.0036	51592.307 ± 18743.824	41696.581 ± 11848.482
4	989.4338 ± 142.55196	1150.0191 ± 70.933043	1103.753 ± 77.750847	1147.7424 ± 61.115108	967.94001 ± 189.52426	924.16883 ± 90.458758
5	1E+10 ± 0	2.92E+10 ± 2.738E+09	1E+10 ± 0	2.515E+10 ± 1.817E+09	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
6	1E+10 ± 0	6.469E+22 ± 1.512E+23	1E+10 ± 0	7.384E+22 ± 1.655E+23	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
7	1.6624226 ± 1.3094083	1.4087476 ± 1.4020354	1.5171499 ± 1.4348425	2.1135083 ± 2.5116352	1.4495981 ± 1.9815389	0.8466858 ± 0.8471387
8	-1.208E-10 ± 6.505E-10	-5.618E-14 ± 3.026E-13	-1.195E-15 ± 6.436E-15	-0.0050782 ± 0.0270718	-0.0038033 ± 0.0182783	-0.0080212 ± 0.0431954
9	0.2093393 ± 0.236531	0.3081653 ± 0.4509128	0.3876182 ± 0.4800302	0.2653501 ± 0.3449391	0.1555813 ± 0.195504	0.1414193 ± 0.2019453
10	3067.3569 ± 2243.9046	2420.9916 ± 2307.5773	3046.978 ± 3185.7289	3645.7347 ± 3213.7761	2302.7286 ± 2448.9488	1809.7196 ± 1627.0432
11	867053.37 ± 3691023.8	13918640 ± 40843692	2679674.9 ± 5456289.5	1.7E+09 ± 2.452E+09	2240962 ± 5973780.6	5640899.1 ± 12082954
12	95.983187 ± 17.574115	117.68706 ± 6.6249166	110.68217 ± 13.034751	117.98761 ± 6.8991648	98.102586 ± 25.109017	87.289909 ± 14.204309
13	136246.53 ± 42982.343	135110.94 ± 34192.915	145509.91 ± 41413.771	135630.79 ± 35818.62	125239.92 ± 45593.57	105000.26 ± 31365.897
14	9.882E+09 ± 562363851	3.032E+10 ± 4.525E+09	1E+10 ± 0	3.064E+10 ± 4.955E+09	9.424E+09 ± 1.761E+09	9.841E+09 ± 675451553
15	1129581.7 ± 541968.04	1686458.9 ± 352239.18	1731896.1 ± 353815.66	1842072.5 ± 433463.64	1394418.1 ± 580582.57	853435.3 ± 308394.77
16	1E+10 ± 0	7.955E+14 ± 4.326E+14	1E+10 ± 0	1.088E+15 ± 7.754E+14	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
17	1E+10 ± 0	6.374E+10 ± 2.681E+10	1E+10 ± 0	7.344E+10 ± 2.477E+10	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
18	4.442E+09 ± 1.993E+09	4.495E+09 ± 1.566E+09	5.195E+09 ± 2.381E+09	4.925E+09 ± 2.061E+09	4.57E+09 ± 1.955E+09	3.984E+09 ± 2.036E+09
19	148144.4 ± 54539.014	152359.91 ± 30334.588	148143.57 ± 39269.128	153120.71 ± 42923.704	138770.25 ± 34688.429	121029.11 ± 30290.983
20	4.423E+09 ± 1.977E+09	4.051E+09 ± 1.523E+09	4.196E+09 ± 1.435E+09	4.375E+09 ± 2.14E+09	3.721E+09 ± 1.387E+09	3.44E+09 ± 1.935E+09
21	229941.32 ± 95001.161	239764.98 ± 61915.865	253869.98 ± 108921	251843.37 ± 98038.711	226359.35 ± 62762.673	202804.05 ± 83896.525
22	269871.3 ± 101727.71	266346.26 ± 92852.519	309384.99 ± 176813.94	287677.87 ± 132579.08	268204.84 ± 97824.51	232047.22 ± 96593.067
23	3.447E+09 ± 1.118E+09	3.293E+09 ± 1.077E+09	3.603E+09 ± 1.238E+09	4.066E+09 ± 1.802E+09	3.355E+09 ± 1.173E+09	2.895E+09 ± 853940220
24	144257.46 ± 49055.066	174193.76 ± 66449.937	165150.66 ± 47357.416	188212.68 ± 58426.861	136144.13 ± 48311.133	121791.77 ± 30902.972
25	2.166E+09 ± 755815599	2.259E+09 ± 560920318	2.263E+09 ± 631226167	2.452E+09 ± 824140749	2.354E+09 ± 773281394	1.441E+09 ± 606234297

Tiempo Función	10 Segundos					
	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
26	2.185E+09 ± 755143324	2.368E+09 ± 680043807	2.3E+09 ± 749833316	2.71E+09 ± 785584063	1.968E+09 ± 678575259	1.474E+09 ± 506686379
27	811722.86 ± 294830.7	902647.51 ± 205652.55	799169.07 ± 211413.85	923810.54 ± 247200.45	739412.9 ± 261080.77	601823.53 ± 183797.78
28	5967.7149 ± 1820.3229	6790.2626 ± 1936.1376	6453.9039 ± 2250.7317	7425.7694 ± 2101.4469	5215.4282 ± 2328.9495	3924.4996 ± 1459.9444
29	518.08714 ± 764.13723	357.1585 ± 250.62735	265.92159 ± 254.99135	682.55671 ± 538.47135	244.22015 ± 259.96111	132.53841 ± 157.2143
30	5.9937433 ± 5.9455529	5.4567996 ± 4.3142003	8.6161095 ± 8.8776804	10.753133 ± 9.5368947	7.7717103 ± 8.5704573	3.9908732 ± 4.5586456
31	394.79985 ± 37.698703	430.7647 ± 25.927162	423.8363 ± 38.239195	438.07961 ± 25.909333	390.20998 ± 62.22353	371.45684 ± 34.70809
32	-3281.771 ± 684.10826	-2610.155 ± 423.4132	-3040.0629 ± 582.86302	-2027.3815 ± 452.94214	-3125.8297 ± 635.93436	-3023.48 ± 751.7639
33	-6.436372 ± 0.7548049	-6.3768341 ± 0.8312099	-6.3373084 ± 0.6157378	-6.4330325 ± 0.6735199	-6.3207139 ± 0.6880112	-6.7798305 ± 0.6207386
34	564.95827 ± 48.15492	566.03236 ± 43.04094	571.15144 ± 38.752226	556.66253 ± 43.048472	553.04364 ± 43.009365	511.74048 ± 37.536361
35	21.134135 ± 0.1007378	21.161101 ± 0.1515834	21.120321 ± 0.1400403	21.163147 ± 0.1756673	21.118922 ± 0.1942208	21.044715 ± 0.1642035
36	0.28173 ± 0.1240071	0.2665288 ± 0.1258289	0.263079 ± 0.1050635	0.2879821 ± 0.1227966	0.2707852 ± 0.1121502	0.2606262 ± 0.1098669
37	0.1571252 ± 0.9432636	0.4869899 ± 2.4223603	0.0974802 ± 0.8591271	0.6307302 ± 1.7139221	0.1955421 ± 2.2040086	-0.5279098 ± 0.4830179
38	391.76187 ± 468.86553	271.1758 ± 245.59898	288.22961 ± 292.73541	560.07362 ± 603.94791	293.12232 ± 271.39858	108.38147 ± 165.31445
39	483.56514 ± 543.08638	368.2404 ± 332.47637	429.95949 ± 338.40215	636.66459 ± 573.8763	326.53243 ± 375.78721	131.96446 ± 129.3418
40	-84.748132 ± 41.521075	-83.225293 ± 46.703144	-89.836054 ± 38.478347	-62.307564 ± 38.317235	-89.975808 ± 44.392685	-111.81778 ± 34.980231
41	-99356.118 ± 151107.03	-83549.657 ± 9642.3514	-45262.346 ± 42374.02	-31559.871 ± 23113.007	-66563.739 ± 77761.127	-46382.271 ± 31339.84
42	471.11192 ± 136.9305	611.71756 ± 63.082707	552.37802 ± 76.570843	595.66141 ± 57.979207	479.34692 ± 171.38001	361.52235 ± 86.45776
43	20.193715 ± 0.6078818	19.966701 ± 0.0003636	20.572912 ± 0.2059774	20.665401 ± 0.165218	19.884179 ± 1.2425642	19.783706 ± 0.564155
44	236421493 ± 35137895	239344277 ± 23921570	244930986 ± 26608102	245386849 ± 29074966	237890445 ± 35150518	214759994 ± 32049706
45	20841980 ± 189068.19	20798764 ± 347458.03	20709597 ± 395370.83	20921656 ± 220761.8	20757907 ± 341277.64	20712140 ± 251704.11
46	1E+10 ± 0	2.567E+16 ± 1.129E+16	1E+10 ± 0	2.765E+16 ± 1.205E+16	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
47	548.22771 ± 47.605927	549.62438 ± 34.767617	553.73794 ± 47.705388	550.35911 ± 61.605451	533.56867 ± 53.736809	503.35894 ± 44.632758
48	41.948408 ± 0.4750273	42.102466 ± 0.2796198	42.010231 ± 0.3678235	42.054004 ± 0.3728694	41.987118 ± 0.3305217	41.715611 ± 0.3908949
49	1E+10 ± 0	2.558E+10 ± 1.422E+10	9.757E+09 ± 1.01E+09	3.02E+10 ± 1.5E+10	1E+10 ± 0	9.603E+09 ± 1.144E+09
50	558.43591 ± 50.746301	570.66914 ± 41.699913	564.89325 ± 45.385654	566.17198 ± 40.263186	568.62748 ± 45.023519	516.73506 ± 44.97422
51	42.038616 ± 0.3401166	42.121383 ± 0.3279444	42.087731 ± 0.3190829	42.179863 ± 0.2785674	42.102095 ± 0.3120188	41.800126 ± 0.3734759
52	1E+10 ± 0	1.045E+11 ± 3.515E+10	1E+10 ± 0	1.068E+11 ± 3.252E+10	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
53	1E+10 ± 0	1.04E+11 ± 2.733E+10	1E+10 ± 0	9.798E+10 ± 3.338E+10	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
54	14.155997 ± 0.283949	14.241616 ± 0.2046281	14.224658 ± 0.1903471	14.292239 ± 0.2254169	14.19102 ± 0.1858303	14.114354 ± 0.1716076
55	45.232009 ± 4.0846325	50.740452 ± 2.4946809	48.342438 ± 3.2192759	51.011198 ± 2.6321449	40.619227 ± 9.1194306	42.143315 ± 4.2999147
56	49.154377 ± 51.930769	83.722771 ± 86.494997	50.437504 ± 83.190342	152.52586 ± 134.98297	86.805374 ± 114.69402	25.376827 ± 52.797363
57	0.1322669 ± 0.181321	0.2200351 ± 0.3857458	0.1392929 ± 0.1093306	0.2099188 ± 0.2827405	0.1061417 ± 0.0716493	0.0585546 ± 0.051086
58	1.059E+09 ± 2.451E+09	1.296E+09 ± 2.525E+09	1.153E+09 ± 1.543E+09	2.382E+09 ± 4.928E+09	748530379 ± 1.803E+09	659657891 ± 1.909E+09
59	119379848 ± 307103899	30183.836 ± 90956.724	884746166 ± 1.955E+09	2.715E+09 ± 5.517E+09	157083048 ± 279103371	176113803 ± 287975480
60	-1.7715354 ± 0.5464859	-1.7826833 ± 0.5610012	-1.699671 ± 0.4850079	-1.5318069 ± 0.5809498	-1.6740379 ± 0.3737382	-2.0437472 ± 0.4607755
61	-1.1931102 ± 0.0943131	-1.1912639 ± 0.091839	-1.1934287 ± 0.1051574	-1.1335259 ± 0.1096362	-1.1904584 ± 0.0989105	-1.2396335 ± 0.0646161

Tabla 5. Valor medio y desviación estándar (±SD) obtenido en 30 ciclos de evaluación y 20 segundos de ejecución.

Tiempo Función	20 Segundos					
	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
1	3.5 ± 3.9560081	-2.2333333 ± 4.0962042	3.4333333 ± 4.8420611	8.2 ± 2.8213472	2.0666667 ± 4.3583891	3.9666667 ± 4.0371882
2	52150.633 ± 12729.523	68158.633 ± 7984.0712	62290.933 ± 9788.4801	65677.6 ± 6519.4541	48919.067 ± 19300.085	44386.6 ± 11707.126
3	54593.562 ± 14899.112	67880.38 ± 5115.1193	60795.404 ± 10952.189	68154.991 ± 7644.8781	50738.702 ± 20398.216	44371.646 ± 11633.309
4	1025.2663 ± 135.04128	1128.3046 ± 73.503936	1099.9447 ± 99.275701	1118.6168 ± 65.376633	1033.1373 ± 156.86185	887.25693 ± 109.07277
5	1E+10 ± 0	2.905E+10 ± 2.651E+09	1E+10 ± 0	2.503E+10 ± 1.647E+09	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0

Tiempo Función	20 Segundos					
	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
6	1E+10 ± 0	2.53E+22 ± 4.72E+22	1E+10 ± 0	1.71E+23 ± 4.33E+23	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
7	1.4312818 ± 1.555266	0.9284715 ± 0.8005572	1.7980942 ± 1.7577152	1.799788 ± 1.7498698	1.7312223 ± 2.0168663	0.5781142 ± 0.7722162
8	-4.72E-10 ± 2.54E-09	-7.29E-16 ± 3.86E-15	-3.62E-09 ± 1.94E-08	-0.0038169 ± 0.0205535	-0.0104221 ± 0.0561239	-0.0127901 ± 0.0678802
9	0.2492951 ± 0.2354478	0.2390892 ± 0.2039817	0.2841752 ± 0.2293531	0.3679542 ± 0.404459	0.2112939 ± 0.1745134	0.1386618 ± 0.1520764
10	2747.5161 ± 2137.9728	2633.2595 ± 2190.142	3329.0828 ± 3556.8514	4948.1226 ± 3935.707	3111.5098 ± 2926.511	1543.0742 ± 1961.065
11	1012840.8 ± 2632388.3	1894425.6 ± 4126656.3	5296583.3 ± 13298332	2.128E+09 ± 4.318E+09	3412218.9 ± 10664160	4809900 ± 11415538
12	99.056299 ± 17.645177	114.02705 ± 7.1092447	111.82672 ± 11.542362	117.39177 ± 8.7501256	92.322067 ± 26.155701	85.286776 ± 16.836153
13	120047.82 ± 42474.114	139292.28 ± 36783.758	131570.43 ± 36187.256	149136.65 ± 43352.625	139419.72 ± 47417.932	106966.26 ± 25084.335
14	9.811E+09 ± 642416546	2.858E+10 ± 4.358E+09	1E+10 ± 0	3.094E+10 ± 4.752E+09	9.344E+09 ± 1.943E+09	9.529E+09 ± 1.378E+09
15	1421802.6 ± 588146.45	1700411.9 ± 300333.01	1652197.2 ± 399525.02	1863504.4 ± 361123.18	1119561 ± 674767.37	976954.72 ± 344890.2
16	1E+10 ± 0	8.875E+14 ± 5.958E+14	1E+10 ± 0	1.37E+15 ± 1.14E+15	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
17	1E+10 ± 0	6.739E+10 ± 1.957E+10	1E+10 ± 0	9.84E+10 ± 1.026E+11	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
18	4.065E+09 ± 1.73E+09	3.936E+09 ± 1.597E+09	4.389E+09 ± 1.987E+09	4.528E+09 ± 1.815E+09	4.407E+09 ± 1.637E+09	3.246E+09 ± 1.354E+09
19	165203.04 ± 39109.473	159667.87 ± 41303.052	148941.18 ± 53997.376	158191.62 ± 37731.359	163683.34 ± 35866.798	135958.92 ± 37000.374
20	3.344E+09 ± 1.23E+09	4.084E+09 ± 2.119E+09	3.732E+09 ± 1.59E+09	3.826E+09 ± 1.753E+09	3.308E+09 ± 1.199E+09	3.077E+09 ± 1.476E+09
21	251997.07 ± 79403.376	250679.14 ± 106073.3	236448.5 ± 102154.01	231585.09 ± 68911.837	266661 ± 126223.66	188055.71 ± 69982.414
22	249073.7 ± 78406.683	241079.77 ± 91858.946	233081.46 ± 76231.501	308092.83 ± 156813.52	275745.38 ± 118900.17	204797.75 ± 63397.021
23	3.378E+09 ± 1.149E+09	3.363E+09 ± 1.441E+09	3.624E+09 ± 1.249E+09	3.483E+09 ± 1.237E+09	3.741E+09 ± 1.304E+09	2.793E+09 ± 1.149E+09
24	160371.52 ± 43872.775	186099.62 ± 70243.656	147275.73 ± 47872.324	172815.48 ± 66734.7	141130.9 ± 48250.379	120120.4 ± 33655.033
25	1.983E+09 ± 886745208	2.181E+09 ± 808022984	2.265E+09 ± 719457403	2.736E+09 ± 769531543	1.873E+09 ± 1.031E+09	1.44E+09 ± 720766875
26	2.154E+09 ± 855731703	2.382E+09 ± 830346435	1.992E+09 ± 707634718	2.692E+09 ± 796773910	2.056E+09 ± 808333239	1.35E+09 ± 357888159
27	747661.67 ± 243916.73	878209.9 ± 206891.61	783071.71 ± 229145.02	907159.14 ± 233762.14	715894.49 ± 320798.3	638715.64 ± 176523.71
28	5748.4821 ± 2273.2041	6802.8316 ± 1973.4295	5986.4551 ± 2244.1926	6640.0647 ± 2380.4749	5324.5268 ± 2521.7078	4490.4982 ± 1596.969
29	504.05764 ± 413.04169	274.78209 ± 264.40045	509.73088 ± 602.71071	560.52305 ± 578.85312	261.17548 ± 249.48908	170.26484 ± 172.13639
30	9.5328858 ± 12.593382	6.9657151 ± 5.2569229	9.6106081 ± 9.8643037	16.207576 ± 15.472619	7.5911973 ± 6.5493642	3.6866488 ± 3.4883099
31	414.73116 ± 44.856376	441.06264 ± 22.122993	427.10178 ± 29.283833	444.96642 ± 23.439651	393.08936 ± 63.110112	386.62032 ± 37.64271
32	-3298.4496 ± 734.73634	-2670.9281 ± 397.64591	-2955.1087 ± 631.07033	-2036.1402 ± 496.71495	-3350.3406 ± 819.70518	-2945.5196 ± 504.4045
33	-6.2721585 ± 0.8108099	-6.0961259 ± 0.6331749	-6.2879172 ± 0.5791645	-6.2162928 ± 0.6521784	-6.2704692 ± 0.7507538	-6.8678183 ± 0.8345491
34	571.50877 ± 47.90631	561.26201 ± 62.832946	565.23896 ± 32.242846	579.70687 ± 60.564112	563.13314 ± 50.228721	515.33039 ± 40.542085
35	21.153906 ± 0.1392055	21.158951 ± 0.114083	21.138305 ± 0.1504207	21.179709 ± 0.1043763	21.130537 ± 0.1600202	21.079428 ± 0.1764263
36	0.2873332 ± 0.0973835	0.3080559 ± 0.1075886	0.3114282 ± 0.1174663	0.242959 ± 0.11484	0.3178026 ± 0.1113907	0.2572849 ± 0.1212403
37	0.2815466 ± 0.950363	0.1985268 ± 1.0790225	0.320686 ± 1.3542514	0.7189583 ± 1.56156	0.0606937 ± 0.8150963	-0.4385697 ± 0.5449638
38	358.40322 ± 397.4025	245.33669 ± 197.71972	343.14194 ± 400.17683	413.35726 ± 364.14767	334.14188 ± 316.57063	167.19468 ± 169.14496
39	344.01161 ± 276.55684	522.18956 ± 542.22828	277.81081 ± 243.59878	586.42627 ± 554.73963	300.07779 ± 277.62634	146.76911 ± 169.9471
40	-103.65295 ± 40.778021	-81.196887 ± 46.479862	-94.025523 ± 49.186303	-67.173016 ± 45.315302	-101.4568 ± 52.079343	-113.67507 ± 33.708425
41	-63527.932 ± 79062.164	-83007.303 ± 9915.4929	-44300.56 ± 32241.087	-23906.042 ± 24520.98	-79514.078 ± 84440.622	-62583.808 ± 143316.15
42	500.47349 ± 140.9818	610.30426 ± 62.907222	569.84434 ± 92.18862	607.49653 ± 75.240685	380.48678 ± 180.05711	383.96748 ± 96.169541
43	20.022434 ± 0.59125	19.966741 ± 0.0001487	20.521005 ± 0.3632483	20.679739 ± 0.1581797	19.738079 ± 1.1638366	19.834726 ± 0.6101665
44	239480117 ± 32410103	243938809 ± 28566415	249643520 ± 29847746	253740506 ± 36202881	242671505 ± 33245801	222452332 ± 26846925
45	20755113 ± 351375.41	20832737 ± 208208	20785843 ± 279990.68	20906094 ± 278442.29	20733274 ± 325609.03	20521719 ± 321860.07
46	1E+10 ± 0	2.39E+16 ± 1.46E+16	1E+10 ± 0	2.76E+16 ± 1.19E+16	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
47	561.3168 ± 46.43828	563.62909 ± 52.855054	574.23942 ± 57.775977	576.67808 ± 47.895137	559.24814 ± 46.726678	516.11576 ± 50.17812
48	42.004913 ± 0.3456287	42.096842 ± 0.4565014	41.96206 ± 0.3497559	42.278131 ± 0.2928693	42.042511 ± 0.4572737	41.746326 ± 0.5294988

Tiempo Función	20 Segundos					
	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
49	9.842E+09 ± 676099578	2.244E+10 ± 1.41E+10	9.82E+09 ± 618635095	2.71E+10 ± 1.391E+10	9.77E+09 ± 613887145	9.401E+09 ± 1.563E+09
50	569.49152 ± 44.45595	557.9702 ± 46.690886	553.75115 ± 46.184519	558.00245 ± 51.288196	540.34591 ± 48.986094	499.00195 ± 51.738711
51	42.04528 ± 0.2955951	42.011379 ± 0.4711056	42.005824 ± 0.2733334	42.110169 ± 0.3016507	41.858199 ± 0.401713	41.627685 ± 0.7298437
52	1E+10 ± 0	9.957E+10 ± 3.258E+10	1E+10 ± 0	1.031E+11 ± 3.243E+10	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
53	1E+10 ± 0	9.668E+10 ± 3.204E+10	1E+10 ± 0	1.09E+11 ± 3.587E+10	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
54	14.162214 ± 0.197453	14.188566 ± 0.2285017	14.15893 ± 0.2427221	14.29556 ± 0.2414517	14.056543 ± 0.2997491	14.019907 ± 0.2928515
55	43.474675 ± 5.5452923	50.922445 ± 2.0766778	47.033464 ± 3.579654	50.720388 ± 2.2469458	45.140627 ± 6.5723265	43.1108 ± 4.1521886
56	53.431883 ± 84.635176	74.130771 ± 122.72839	85.948111 ± 122.7287	146.76524 ± 162.98148	79.510286 ± 102.65663	34.373011 ± 44.697242
57	0.0837993 ± 0.0558143	0.1109562 ± 0.1285962	0.0965468 ± 0.0611863	0.1993061 ± 0.3465009	0.1238361 ± 0.1198608	0.0798934 ± 0.0483282
58	1.466E+09 ± 2.474E+09	650846171 ± 1.266E+09	1.361E+09 ± 2.19E+09	1.894E+09 ± 3.726E+09	708638329 ± 1.347E+09	168207645 ± 373988389
59	193462299 ± 380216072	170132.02 ± 842826.32	362897847 ± 1.041E+09	5.906E+09 ± 1.325E+10	155265485 ± 247681548	127066555 ± 275908299
60	-1.805729 ± 0.5265452	-1.7911748 ± 0.50161	-1.6983839 ± 0.5042867	-1.4772279 ± 0.5092743	-1.6063673 ± 0.5764165	-1.9578747 ± 0.4018743
61	-1.1845714 ± 0.0836809	-1.2199115 ± 0.0740344	-1.1687614 ± 0.1196746	-1.1189268 ± 0.1245275	-1.1993173 ± 0.0905556	-1.248964 ± 0.0562805

Tabla 6. Valor medio y desviación estándar (±SD) obtenido en 30 ciclos de evaluación y 40 segundos de ejecución.

Tiempo Función	40 Segundos					
	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
1	0.3333333 ± 5.0022217	-3.3333333 ± 3.0258149	1.3666667 ± 4.199074	9.3333333 ± 3.1340425	-4.9333333 ± 5.3412441	1.3666667 ± 3.7459608
2	45095.8 ± 9763.4939	31797.933 ± 17275.089	58387.7 ± 10635.727	69309.833 ± 5999.4247	42398.967 ± 19247.068	30172.1 ± 9141.7717
3	48471.717 ± 14525.796	26516.582 ± 14598.779	56586.157 ± 9003.8437	67046.099 ± 7559.2346	36778.168 ± 17093.123	33754.806 ± 9191.0256
4	912.4381 ± 123.73592	708.75956 ± 98.559869	1029.2342 ± 67.100204	1150.4226 ± 67.389923	901.98514 ± 183.39664	765.83835 ± 90.255957
5	1E+10 ± 0	2.899E+10 ± 2.145E+09	1E+10 ± 0	2.514E+10 ± 1.917E+09	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
6	1E+10 ± 0	6.99E+21 ± 3.35E+22	1E+10 ± 0	4.63E+22 ± 1.11E+23	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
7	0.9239807 ± 1.1750349	0.4948175 ± 0.6774535	0.9482895 ± 0.854178	1.9099724 ± 2.8788929	1.0252833 ± 0.9457104	0.4311493 ± 0.6223556
8	-3.33E-08 ± 1.68E-07	-0.1098082 ± 0.2407968	-0.0243607 ± 0.1311865	-7.54E-08 ± 4.06E-07	-0.0025688 ± 0.0138334	-0.0489407 ± 0.1878755
9	0.1403267 ± 0.1382827	0.0179612 ± 0.042367	0.1255825 ± 0.0916093	0.2697017 ± 0.3477697	0.1257454 ± 0.1038789	0.0680907 ± 0.0603669
10	1967.7477 ± 1514.0996	352.27161 ± 607.88779	2173.5127 ± 1881.9277	5615.7089 ± 4371.678	1968.7916 ± 1858.6507	465.43414 ± 409.55415
11	947543.63 ± 3355067.4	1085159.7 ± 3438440.3	1415338.6 ± 2823463.1	2.681E+09 ± 3.586E+09	20226.317 ± 53920.478	807642.59 ± 3200109.3
12	89.685207 ± 16.998765	64.765684 ± 17.951813	106.11157 ± 12.060666	118.42414 ± 7.202425	79.13372 ± 23.368395	69.71551 ± 11.940857
13	121488.88 ± 45328.609	113259.78 ± 42508.851	123663.96 ± 44278.208	147365.83 ± 41181.4	142006.16 ± 46213.564	76214.721 ± 24336.858
14	9.802E+09 ± 763091960	7.126E+09 ± 6.755E+09	1E+10 ± 0	3.118E+10 ± 4.448E+09	8.882E+09 ± 2.315E+09	8.347E+09 ± 2.117E+09
15	1220453.5 ± 502269.26	509810.17 ± 505212.86	1575881.6 ± 421815.28	1855784.5 ± 288443.18	1034914.8 ± 628362.7	567777.65 ± 215947.75
16	1E+10 ± 0	5.973E+14 ± 3.871E+14	1E+10 ± 0	1.12E+15 ± 5.486E+14	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
17	1E+10 ± 0	5.071E+10 ± 1.414E+10	1E+10 ± 0	6.592E+10 ± 2.841E+10	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
18	3.943E+09 ± 1.283E+09	3.185E+09 ± 1.004E+09	3.895E+09 ± 1.604E+09	4.916E+09 ± 2.181E+09	3.531E+09 ± 1.027E+09	2.97E+09 ± 1.509E+09
19	146292.01 ± 38089.178	127873.24 ± 38309.879	142140.89 ± 40846.561	150858.98 ± 49281.663	147142.03 ± 42383.294	112824.52 ± 30568.249
20	3.797E+09 ± 1.563E+09	3.232E+09 ± 1.521E+09	3.42E+09 ± 1.538E+09	3.889E+09 ± 1.856E+09	4.334E+09 ± 2.132E+09	3.108E+09 ± 1.475E+09
21	228074.97 ± 75917.768	199698.04 ± 63962.848	254326.49 ± 115808.66	329018.55 ± 208745.5	243533.58 ± 91240.106	163878.91 ± 42502.625
22	221814.63 ± 67532.393	198453.88 ± 56363.917	229131.65 ± 84760.422	252441.66 ± 58657.846	211602.61 ± 67960.924	169610.91 ± 51462.524
23	2.857E+09 ± 1.04E+09	2.502E+09 ± 811900926	2.638E+09 ± 892633840	3.215E+09 ± 1.428E+09	2.979E+09 ± 973858631	1.947E+09 ± 845655888
24	124477.97 ± 43711.327	113711.44 ± 47607.125	138022.77 ± 44872.483	167218.27 ± 62235.8	140429.18 ± 45518.646	89144.766 ± 35305.053
25	1.573E+09 ± 775531818	974137059 ± 709939486	2.071E+09 ± 553498506	2.613E+09 ± 939993765	1.611E+09 ± 872031659	1.116E+09 ± 390322373
26	2.011E+09 ± 870267741	762625711 ± 451638402	1.628E+09 ± 596235395	2.649E+09 ± 745184998	1.737E+09 ± 925493305	1.086E+09 ± 423302326
27	750005.61 ± 238365.25	468996.76 ± 294405.18	736377.4 ± 191165.92	808416.77 ± 234649.77	573956.17 ± 338323.22	423777.51 ± 133973.29

Tiempo Función	40 Segundos					
	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
28	6017.5469 ± 2163.6395	3265.2077 ± 2386.2215	5301.2265 ± 1454.7485	7150.1458 ± 2252.2559	4363.291 ± 2357.7095	2718.1028 ± 1083.1013
29	232.08532 ± 201.57988	23.503269 ± 42.924377	202.68684 ± 202.23603	450.11273 ± 545.44102	260.30697 ± 350.44792	56.15084 ± 55.631867
30	3.2300167 ± 3.3416964	3.2728344 ± 3.3508524	7.9339697 ± 6.0189705	15.145075 ± 15.057396	5.6704149 ± 7.4634648	1.662389 ± 1.6759251
31	378.14498 ± 44.431387	324.14228 ± 31.297573	414.4431 ± 27.598257	443.02869 ± 29.206685	361.78426 ± 64.476787	351.0789 ± 32.669658
32	-3820.1337 ± 555.00337	-3081.025 ± 570.44062	-3273.5354 ± 583.55292	-2121.0718 ± 583.47219	-3937.8153 ± 780.75716	-3335.8184 ± 609.06231
33	-6.2603408 ± 0.736464	-6.6213281 ± 0.7152478	-6.7273649 ± 0.7070127	-6.215816 ± 0.8950644	-6.4856171 ± 0.6673107	-7.605487 ± 0.6754075
34	549.24919 ± 54.37277	518.43858 ± 61.018847	550.3836 ± 51.033182	580.60506 ± 59.096735	551.87079 ± 54.304223	476.26004 ± 45.962477
35	21.099445 ± 0.1337576	21.039043 ± 0.2126007	21.085158 ± 0.1621319	21.167134 ± 0.1353914	21.073459 ± 0.174487	20.910193 ± 0.2064739
36	0.2550227 ± 0.0963691	0.1071936 ± 0.0786222	0.2524476 ± 0.1304638	0.2217203 ± 0.1123705	0.211557 ± 0.1057823	0.2109897 ± 0.0859462
37	-0.1079083 ± 0.6991424	-0.4017756 ± 0.33646	-0.1609663 ± 0.6543718	-0.4017756 ± 0.33646	-0.2637607 ± 0.5305068	-0.748494 ± 0.2601956
38	282.71953 ± 364.93907	27.157964 ± 45.155448	259.21863 ± 302.52969	686.54165 ± 570.53699	214.13775 ± 215.56734	53.553091 ± 86.800484
39	197.75933 ± 267.93446	29.727374 ± 44.679941	177.94861 ± 222.44511	527.83227 ± 511.09427	196.6567 ± 193.53401	46.664225 ± 66.183504
40	-101.14453 ± 44.537252	-105.52928 ± 43.36761	-97.405222 ± 43.206026	-56.321032 ± 28.062489	-112.79095 ± 40.463323	-109.45713 ± 34.927598
41	-95182.823 ± 169666.39	-94191.233 ± 9806.8415	-51237.292 ± 53022.867	-24051.345 ± 21613.248	-124176.34 ± 136719.01	-12498671 ± 126731.18
42	412.92384 ± 116.97472	257.33445 ± 127.0525	533.22287 ± 91.118291	618.6931 ± 59.631119	301.16293 ± 158.04608	269.81631 ± 66.742066
43	19.951864 ± 0.4760327	19.757986 ± 0.1145278	20.27367 ± 0.3543564	20.72323 ± 0.1022386	18.324277 ± 1.6985304	19.086395 ± 0.5653748
44	236496613 ± 26087966	225418972 ± 28717453	230114724 ± 27929725	241775040 ± 30728041	244142939 ± 28859892	200575301 ± 26834723
45	20686178 ± 328663.03	20495519 ± 557172.73	20777799 ± 331895.49	20923363 ± 313347.13	20719561 ± 321034.77	20518613 ± 369034.8
46	1E+10 ± 0	1.73E+16 ± 9.38E+15	1E+10 ± 0	2.93E+16 ± 1.28E+16	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
47	552.60675 ± 46.813777	509.39969 ± 42.72449	543.12657 ± 49.816556	577.41544 ± 65.511049	544.62158 ± 52.716372	476.96125 ± 46.383931
48	41.947883 ± 0.3257329	41.771101 ± 0.5613599	41.845408 ± 0.3707449	42.142601 ± 0.314297	41.954493 ± 0.4462506	41.391093 ± 0.6529783
49	9.711E+09 ± 1.558E+09	1.63E+10 ± 8.608E+09	9.44E+09 ± 1.203E+09	2.859E+10 ± 1.651E+10	9.743E+09 ± 812605977	9.227E+09 ± 1.318E+09
50	542.11742 ± 60.454972	528.3805 ± 55.216363	554.44694 ± 49.70832	571.03375 ± 49.784981	561.12582 ± 52.385535	500.37848 ± 43.516961
51	42.043496 ± 0.2700748	41.843756 ± 0.392195	41.993107 ± 0.3117287	42.313508 ± 0.2497631	41.918267 ± 0.4126756	41.579317 ± 0.4358155
52	1E+10 ± 0	5.735E+10 ± 3.834E+10	1E+10 ± 0	9.991E+10 ± 3.415E+10	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
53	1E+10 ± 0	6.658E+10 ± 2.688E+10	1E+10 ± 0	1.118E+11 ± 2.91E+10	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
54	14.010593 ± 0.266441	11.452461 ± 0.918605	14.061481 ± 0.2395427	14.272867 ± 0.2615991	13.900531 ± 0.5865549	13.87638 ± 0.2448314
55	43.243752 ± 4.4655812	37.281151 ± 7.9383541	46.125732 ± 3.5090496	50.624547 ± 2.194624	39.823797 ± 9.2060576	39.845077 ± 4.0293915
56	68.322145 ± 97.095657	6.6512678 ± 4.2864838	40.325722 ± 60.312368	159.38212 ± 167.30212	67.547448 ± 90.542743	11.757562 ± 9.9544006
57	0.0543518 ± 0.0384123	0.0392001 ± 0.0223835	0.0770778 ± 0.0449899	0.0875568 ± 0.1026081	0.0799272 ± 0.055844	0.0362008 ± 0.0238885
58	1.059E+09 ± 1.76E+09	1366903.2 ± 4111967.2	651706528 ± 1.141E+09	6.031E+09 ± 1.585E+10	276585200 ± 613526163	76674874 ± 226499695
59	15981410 ± 32835189	10647.786 ± 6091.2522	108671958 ± 207616740	2.403E+09 ± 3.051E+09	15689441 ± 35563983	23313756 ± 31598889
60	-1.7556153 ± 0.4663428	-1.9800518 ± 0.6117213	-1.9114629 ± 0.4639172	-1.3995568 ± 0.4815407	-1.7831076 ± 0.4956121	-2.1845101 ± 0.3586365
61	-1.2248514 ± 0.0724305	-1.2607057 ± 0.0463534	-1.2274154 ± 0.068582	-1.1572555 ± 0.1138293	-1.2181874 ± 0.0957982	-1.2498671 ± 0.0523641

Tabla 7. Valor medio y desviación estándar (±SD) obtenido en 30 ciclos de evaluación y 80 segundos de ejecución.

Tiempo Función	80 Segundos					
	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
1	1.33333333 ± 3.69984985	-2.5 ± 3.73942955	0.46666667 ± 4.44022022	8.86666667 ± 2.56558419	-5.8 ± 5.17300686	1.83333333 ± 3.2566172
2	50970.5333 ± 13517.4319	33773.0667 ± 22507.8176	58633.6333 ± 9282.64559	69215.8667 ± 8813.15487	41512.3667 ± 21858.9765	31072.8667 ± 10343.3809
3	40933.4645 ± 11880.3218	29436.8971 ± 16211.9885	55445.8092 ± 12217.8311	69910.5296 ± 5961.08271	40989.2712 ± 17369.1689	32890.163 ± 8316.19116
4	943.185255 ± 130.540563	734.299913 ± 154.64873	1030.48662 ± 82.5053363	1154.94647 ± 63.85576	824.778521 ± 144.209909	781.561397 ± 91.8912614
5	1E+10 ± 0	2.8278E+10 ± 2720428036	1E+10 ± 0	2.5249E+10 ± 1608374508	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
6	1E+10 ± 0	1.13E+22 ± 3.67E+22	1E+10 ± 0	2.05E+23 ± 7.57E+23	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
7	0.73605287 ± 0.62369746	0.63658289 ± 1.05123798	0.77101406 ± 1.06840928	1.90619776 ± 1.87780299	0.80262358 ± 0.61053829	0.43103592 ± 0.48979852

Grupamiento de Documentos Web Basado en la Búsqueda Cucú

Tiempo Función	80 Segundos					
	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
8	-2.81E-07 ± 1.46E-06	-0.03779714 ± 0.12245829	-3.69E-23 ± 1.51E-22	-0.01599382 ± 0.08612935	-6.69E-14 ± 3.58E-13	-0.02689756 ± 0.11111021
9	0.11640456 ± 0.10472656	0.01585744 ± 0.04349804	0.22953748 ± 0.26179537	0.19434097 ± 0.34650417	0.12920973 ± 0.13240792	0.05704771 ± 0.05394288
10	1416.56518 ± 1475.04004	220.546126 ± 373.665674	2196.17551 ± 2157.25554	3988.98801 ± 3320.91842	2529.32869 ± 3146.47304	404.399133 ± 372.544225
11	312963.588 ± 1041542.33	365045.846 ± 1230362.75	474529.66 ± 1139793.45	2713657580 ± 4662214716	26962.1866 ± 57555.4128	85944.8121 ± 177200.134
12	89.6846344 ± 12.1177417	67.4581744 ± 18.5201205	101.191501 ± 12.6641596	116.99568 ± 8.90892937	87.4440308 ± 27.0573585	80.8207154 ± 10.0054245
13	119123.138 ± 40939.0923	90926.8025 ± 36909.1292	118751.188 ± 37629.5363	136908.953 ± 43782.1567	128922.238 ± 26166.8356	81599.1419 ± 26577.4592
14	9533194439 ± 1209527555	1.5253E+10 ± 1.3236E+10	1E+10 ± 0	2.9274E+10 ± 5524816652	9604554421 ± 1231827164	8314922249 ± 2325495607
15	1030667.81 ± 446579.509	575252.796 ± 531573.82	1467193.1 ± 386847.762	1739780.09 ± 375871.648	956545.445 ± 602069.415	530489.725 ± 250682.108
16	1E+10 ± 0	6.4643E+14 ± 3.07E+14	1E+10 ± 0	1.34E+15 ± 8.24E+14	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
17	1E+10 ± 0	5.5852E+10 ± 2.4551E+10	1E+10 ± 0	8.4757E+10 ± 5.6955E+10	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
18	3932199002 ± 1934944746	2831344057 ± 1124069665	3688434066 ± 1376304926	4691519885 ± 1929099362	3610682050 ± 1336208655	2757737836 ± 1056585766
19	154237.637 ± 35508.6786	127067.006 ± 43064.7222	149065.881 ± 37362.6869	166259.897 ± 54510.324	138295.506 ± 33429.1708	124073.019 ± 40837.471
20	3921037716 ± 1729318279	2723566450 ± 1064557517	3613275676 ± 1363296119	4852736507 ± 2722738653	3678240745 ± 1579212633	2712237607 ± 1154979365
21	249223.175 ± 80179.3378	197521.262 ± 74261.5728	269114.102 ± 116613.325	325370.023 ± 172009.506	254850.893 ± 103320.379	185872.65 ± 80945.8248
22	224128.999 ± 74261.7911	213763.226 ± 75362.0237	221900.222 ± 54013.2817	277221.543 ± 118466.169	238932.467 ± 91943.889	183229.256 ± 82874.7745
23	3407831036 ± 1226695003	2856639233 ± 1178167067	3257742335 ± 1237556983	3930662544 ± 1347772165	3555693412 ± 1156232977	2350198438 ± 1268366154
24	145525.635 ± 39491.1656	121136.144 ± 51031.534	131852.949 ± 39170.7018	173588.015 ± 59626.0504	153595.781 ± 43385.4767	90914.1651 ± 27454.1102
25	1815310421 ± 717953107	921034961 ± 616296836	2015963541 ± 567288416	2260273261 ± 890584932	1755635524 ± 687866573	865009922 ± 362247176
26	2201010597 ± 894094651	1012595800 ± 555143158	1969338839 ± 744152181	2529042191 ± 814037423	1776118328 ± 1142642515	950554063 ± 341726235
27	686759.469 ± 254701.201	426626.46 ± 250243.12	650784.139 ± 237126.687	844751.454 ± 227864.468	644877.701 ± 307222.392	416200.918 ± 166013.721
28	4917.75219 ± 2156.87587	2093.40475 ± 1347.60882	5817.22687 ± 1697.44919	6767.73447 ± 1921.72944	4349.58163 ± 2384.90263	3167.71536 ± 1078.93288
29	286.741143 ± 301.203217	16.5892313 ± 29.36915	286.84528 ± 220.473805	533.059693 ± 494.038053	180.402289 ± 167.933075	46.0338451 ± 48.4211738
30	5.15003827 ± 4.72640032	4.93456035 ± 6.16444232	5.21682565 ± 6.81154642	12.4678289 ± 13.9358036	5.22544356 ± 6.36843124	1.51280846 ± 1.54143951
31	389.407419 ± 36.325926	330.755673 ± 49.425833	415.293684 ± 34.996987	436.034505 ± 28.6646376	362.816449 ± 69.7705216	347.816429 ± 29.4073138
32	-3885.80217 ± 781.813866	-3119.18835 ± 470.097848	-3719.16834 ± 814.730714	-2343.23777 ± 536.121293	-3704.29071 ± 638.273322	-3067.31176 ± 554.726952
33	-6.70057927 ± 0.76599621	-6.55033343 ± 0.86191908	-6.47201337 ± 0.69431693	-6.24083434 ± 0.69934563	-6.53079394 ± 0.77503831	-7.21272117 ± 0.65580477
34	561.209248 ± 49.1920064	513.134969 ± 57.5886735	546.380564 ± 48.1246069	576.060426 ± 54.9247501	555.352547 ± 48.5924415	477.028088 ± 55.8589239
35	21.1223246 ± 0.10844129	21.0501631 ± 0.16715983	21.0833813 ± 0.13214302	21.1758128 ± 0.14733706	21.0897045 ± 0.12101736	20.8940951 ± 0.14169313
36	0.2453567 ± 0.10408813	0.11187328 ± 0.08808033	0.28935466 ± 0.10685281	0.17583155 ± 0.10356932	0.24596787 ± 0.12223218	0.17033775 ± 0.08706959
37	-0.29461056 ± 0.53075819	-0.52881269 ± 0.33168698	-0.13532558 ± 0.8066016	0.27019512 ± 1.00219098	-0.29160769 ± 0.520617	-0.74924018 ± 0.27154537
38	209.85085 ± 229.383839	13.9068689 ± 19.3013684	238.788149 ± 254.94865	748.224849 ± 796.913246	163.648634 ± 148.737924	39.6072442 ± 45.7178392
39	163.978996 ± 199.547387	13.3633554 ± 20.0275754	274.907555 ± 314.198358	499.000945 ± 540.588498	154.634436 ± 168.925125	51.555381 ± 45.0862076
40	-104.648864 ± 36.6622312	-95.7026142 ± 37.7804257	-109.417508 ± 43.4899275	-81.9224717 ± 41.0502165	-91.1914291 ± 40.3335123	-127.295637 ± 36.3741663
41	-94425.0425 ± 127300.908	-92843.6908 ± 10957.9796	-159591.688 ± 386661.588	-28804.2964 ± 26355.0499	-113014.777 ± 144684.936	-109169.279 ± 151015.683
42	405.552451 ± 123.293638	226.691763 ± 110.783259	510.685301 ± 99.5191273	609.885968 ± 61.8197744	348.244413 ± 180.540879	290.632507 ± 60.5998542
43	19.8984916 ± 0.58846862	19.7814891 ± 0.14568282	20.4098691 ± 0.23598939	20.6440885 ± 0.13281842	19.6235662 ± 1.2247557	18.9791256 ± 0.79560296
44	228332355 ± 28951480.1	217937383 ± 28748771.6	214649478 ± 21101281.4	249097578 ± 25259419.3	244201625 ± 25351083.5	200140976 ± 28791058.3
45	207893007.5 ± 275053.919	20543599 ± 384522.046	20713968 ± 239825.486	20919862 ± 182461.808	20708729.6 ± 303263.091	20347262.8 ± 478230.586
46	1E+10 ± 0	1.88E+16 ± 1.15E+16	1E+10 ± 0	2.81E+16 ± 1.64E+16	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
47	552.815228 ± 47.6748201	515.788708 ± 53.2873188	562.159264 ± 46.7222074	593.636546 ± 58.1595286	548.784627 ± 43.7051371	487.816313 ± 40.9840626
48	41.9725498 ± 0.35403552	41.8069731 ± 0.6142608	41.7808416 ± 0.3509807	42.115443 ± 0.35105841	41.8828063 ± 0.37301735	41.4108625 ± 0.69335336
49	9696443391 ± 936278320	1.9187E+10 ± 8718636237	9973902977 ± 140536768	3.2441E+10 ± 1.2701E+10	9917134366 ± 310236363	9613606999 ± 943542041
50	553.115886 ± 44.6967311	509.023351 ± 66.984405	539.822356 ± 53.5252913	582.923729 ± 40.3099964	550.10305 ± 46.9156834	478.470328 ± 42.0372404
51	41.9531206 ± 0.38792385	41.7897588 ± 0.56687118	41.9505342 ± 0.36639023	42.0620434 ± 0.44583384	41.8449254 ± 0.44870652	41.4475701 ± 0.59958587
52	1E+10 ± 0	5.5914E+10 ± 2.4034E+10	1E+10 ± 0	1.1021E+11 ± 3.6142E+10	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
53	1E+10 ± 0	6.3224E+10 ± 2.5095E+10	1E+10 ± 0	1.1198E+11 ± 3.4952E+10	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
54	14.0581024 ± 0.21074179	11.2835886 ± 0.88882931	14.0481074 ± 0.24608477	14.2917378 ± 0.18489817	13.965225 ± 0.27611505	13.7950571 ± 0.3264925

Tiempo	80 Segundos					
Función	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
55	41.6672427 ± 4.41661388	36.31083 ± 5.16967585	46.5941265 ± 3.27568642	51.2280738 ± 2.17095058	40.5957264 ± 8.66465774	39.2408781 ± 4.38745033
56	58.6455386 ± 66.5382315	7.301921 ± 5.54464836	65.5465371 ± 104.030627	126.128682 ± 149.680542	44.6883362 ± 66.4885172	9.84501337 ± 5.32813638
57	0.08684286 ± 0.13774318	0.04565818 ± 0.03481105	0.08114254 ± 0.07287636	0.2530914 ± 0.30863551	0.05713844 ± 0.04074669	0.03289052 ± 0.0417352
58	476860120 ± 809947610	2019937.31 ± 6951800.65	840773280 ± 1360465894	2871419253 ± 4159260418	403028782 ± 1533794084	21346603.1 ± 76244901
59	34408068.2 ± 88027453.2	8786.3873 ± 6536.11818	31517708.2 ± 83815233.1	3638050607 ± 6558370756	40338816.8 ± 187178595	18151043.8 ± 53879583.2
60	-1.71516367 ± 0.49865707	-2.1292093 ± 0.41661288	-1.81337088 ± 0.49654589	-1.69455254 ± 0.49797369	-1.92478609 ± 0.43475166	-2.34095934 ± 0.35793328
61	-1.22497825 ± 0.07026307	-1.26813278 ± 0.03172721	-1.22352903 ± 0.07257215	-1.15021934 ± 0.12456679	-1.21874865 ± 0.06910726	-1.23512345 ± 0.07045212

B.2 Evaluación 2: Número de evaluaciones de la función objetivo requeridas para alcanzar el óptimo global.

En la **Tabla 8** se presentan los resultados de las pruebas comparativas aplicadas a las versiones del algoritmo Búsqueda Cucú sobre 61 funciones estándar de prueba con el objeto de obtener el número mínimo de evaluaciones de la función objetivo requerido para alcanzado el valor óptimo global. Las evaluaciones se realizaron hasta encontrar el mínimo global o exceder un máximo de 50.000 evaluaciones de la función objetivo. A continuación se muestran los resultados obtenidos en 30 ciclos de evaluación, el valor de 50.000 significa que el algoritmo no puede encontrar el mínimo global en esta prueba.

Tabla 8. Valor medio y desviación estándar (±SD) en 30 ciclos de ejecución.

Función	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
1	36668.6 ± 22107.6261	9609.96667 ± 13966.6662	40002 ± 19996.0001	8384.46667 ± 18611.0376	46667 ± 12470.9441	30467.5333 ± 22724.7376
2	602.733333 ± 65.0015043	269.266667 ± 619.592013	1247.06667 ± 151.825104	4051.36667 ± 1135.73153	333.8 ± 47.5740826	122.133333 ± 5.65528268
3	43929.3333 ± 481.274789	914.933333 ± 159.964774	50000 ± 0	50000 ± 0	41770.4667 ± 1873.35397	43847.4667 ± 1295.16207
4	50000 ± 0	9935.8 ± 98.2535496	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
5	50000 ± 0	7556.2 ± 31.4307705	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
6	34009.6 ± 14747.8701	1134.16667 ± 1587.71862	50000 ± 0	50000 ± 0	28282.5333 ± 11389.2753	20264 ± 2536.96354
7	50000 ± 0	1651.63333 ± 415.761188	39794.7333 ± 8446.44224	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
8	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
9	11719.6667 ± 213.300466	1015.06667 ± 321.574349	25651.6667 ± 700.125148	50000 ± 0	13700.0667 ± 4675.5254	11981.4 ± 314.256435
10	50000 ± 0	31080.3667	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
11	50000 ± 0	4605.13333 ± 3390.65459	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
12	50000 ± 0	1690.26667 ± 25.4334862	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
13	50000 ± 0	1357.4 ± 733.764567	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
14	50000 ± 0	9443 ± 152.825827	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
15	50000 ± 0	17911.3333 ± 16044.4931	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
16	50000 ± 0	35766.2667 ± 18866.4697	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
17	50000 ± 0	34887.0667 ± 19735.9268	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
18	50000 ± 0	35533.3 ± 18712.8795	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
19	50000 ± 0	9704.5 ± 7489.63863	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
20	50000 ± 0	34258.2667 ± 19463.1922	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
21	50000 ± 0	13845.6667 ± 14183.9663	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0

Función	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
22	50000 ± 0	20781.6333 ± 18039.8686	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
23	50000 ± 0	30542.3333 ± 20802.1227	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
24	50000 ± 0	1761.2 ± 2272.65609	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
25	50000 ± 0	10351.4 ± 49.1240606	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
26	44151.2667 ± 488.49005	936.133333 ± 273.907008	50000 ± 0	50000 ± 0	41323.2 ± 1140.88908	43940.0667 ± 772.137895
27	50000 ± 0	8353.93333 ± 54.4738061	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
28	50000 ± 0	2406.93333 ± 6008.35491	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
29	474.2 ± 34.2280587	179.133333 ± 335.32658	644.466667 ± 42.6073025	8195.76667 ± 3492.01776	658.933333 ± 77.6792265	760.333333 ± 201.140139
30	50000 ± 0	1733 ± 149.945546	31116.6 ± 5277.3579	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
31	2477.66667 ± 128.102129	1391.4 ± 3295.2817	6609.4 ± 592.083361	50000 ± 0	2022.6 ± 118.779516	2304.06667 ± 281.071988
32	50000 ± 0	21196.7667 ± 19735.5781	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
33	50000 ± 0	26709.2667 ± 20111.8025	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
34	50000 ± 0	14308.1667 ± 13965.1587	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
35	50000 ± 0	8357.66667 ± 491.551376	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
36	926 ± 161.790811	1264.46667 ± 1975.36693	1612.6 ± 351.142193	11081.9667 ± 10523.4984	1565.26667 ± 337.689989	672.2 ± 110.368293
37	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
38	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
39	621.866667 ± 64.5784966	120.266667 ± 223.57563	1165.86667 ± 94.4357748	26204.8 ± 17031.2312	1303.93333 ± 185.588422	848.8 ± 170.536096
40	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
41	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
42	2817.26667 ± 119.340949	99.4666667 ± 126.653262	7253.8 ± 486.034937	50000 ± 0	2202.13333 ± 227.784069	1981.46667 ± 181.438646
43	50000 ± 0	20769.8 ± 17626.6411	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
44	50000 ± 0	13746.8667 ± 14221.3231	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
45	50000 ± 0	10402.0667 ± 8369.95807	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
46	50000 ± 0	38852.4 ± 18486.6987	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
47	50000 ± 0	13891.6667 ± 14167.3408	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
48	50000 ± 0	8931.8 ± 2699.86003	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
49	50000 ± 0	23916.3 ± 19924.9071	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
50	50000 ± 0	9604.1 ± 7506.55043	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
51	50000 ± 0	8268.2 ± 364.325349	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
52	50000 ± 0	16878.2667 ± 16576.8012	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
53	50000 ± 0	19763.7667 ± 17677.5671	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
54	12444.6667 ± 8631.58847	8684.2 ± 9201.59746	50000 ± 0	50000 ± 0	17041.4 ± 9802.49405	7881.4 ± 12634.2493
55	3092.4 ± 98.5188984	91.8666667 ± 5.46341367	6712 ± 242.697068	50000 ± 0	2667.2 ± 105.669422	3101.53333 ± 148.845946
56	287.666667 ± 141.462912	26.2666667 ± 24.1480618	318.4 ± 183.660847	328.533333 ± 174.357054	294.733333 ± 174.030253	24068.7333 ± 19008.5682
57	50000 ± 0	22718.5333 ± 22349.8582	35378.6667 ± 4332.45699	36002.6 ± 11452.2814	49847.8667 ± 819.263073	50000 ± 0
58	50000 ± 0	22257.7333 ± 19628.8312	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
59	50000 ± 0	21986.6667 ± 19808.9406	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
60	50000 ± 0	38750.8 ± 18654.6922	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0
61	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0	50000 ± 0

B.3 Evaluación 3: Mejor valor óptimo alcanzado en diferente número de evaluaciones de la función objetivo

En las **Tablas 9, 10, 11 y 12** se presentan los resultados de las pruebas comparativas aplicadas a las versiones del algoritmo Búsqueda Cucú con el objeto de obtener el valor mínimo global de la función objetivo alcanzado por cada uno

de éstos algoritmos. La prueba comparativa se realizó en diferente número de evaluaciones de la función objetivo, a saber: 5.000, 10.000, 20.000 y 50.000 sobre 61 funciones estándar de prueba. A continuación se muestran los resultados obtenidos en 30 ciclos de ejecución para cada evaluación.

Tabla 9. Valor medio y desviación estándar (\pm SD) en 30 ciclos de ejecuciones y 5.000 evaluaciones de la función objetivo.

Evaluaciones Función	5.000 Evaluaciones de la Función Objetivo					
	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS \pm LEM
1	-5.43333333333333 \pm 0	5.0000000492063 \pm 14.1421356933193	-5.26666666662177 \pm 21.5498388754597	5.00863391486213 \pm 14.1543461199692	-10.0666666666667 \pm 24.921120003367	5.33333333333333 \pm 15.3304345085918
2	0 \pm 0	5436.2 \pm 2074.8647731037	0 \pm 0	0.53333333333333 \pm 0.884433277428096	0 \pm 0	0 \pm 0
3	4.02573940759973E-33 \pm 0	6.73710833524327E-290 \pm 0	1.83861110389393E-11 \pm 4.59843918878245E-11	0.0318262304393459 \pm 0.108325172214082	1.55449860955863E-29 \pm 8.37121296703361E-29	6.9248900212238E-06 \pm 2.61650441982742E-05
4	465 \pm 0	491.135303887993 \pm 20.9978403019984	465 \pm 2.66748506291954E- 12	465.000195881633 \pm 0.000518631723029416	465 \pm 0	465.000004722257 \pm 1.76700256919116E-05
5	1E+10 \pm 0	32094109290.7426 \pm 3833165413.59848	1E+10 \pm 0	17278415015.5868 \pm 964329750.000033	1E+10 \pm 0	1E+10 \pm 0
6	2333965291.73601 \pm 0	55972434.6055243 \pm 301420785.007307	3000000000 \pm 4582575694.95584	2.308999016434E-08 \pm 3.13062095892025E-08	1000020066.32591 \pm 2999993313.16341	2.34843409197939E-12 \pm 1.26467046239475E-11
7	1.53178910335274E-06 \pm 0	0.00586225444276533 \pm 0.0189964300960586	4.30046593768053E-07 \pm 7.88863401818614E-07	6.50957864419127E-11 \pm 1.18563136393842E-10	1.08507395945875E-06 \pm 1.77331524335898E-06	0.0202098136368742 \pm 0.0478111235704744
8	-0.999998735687847 \pm 0	-0.999999999997373 \pm 2.7759841683904E-12	-0.9999991628548 \pm 1.67649859520912E-07	-0.99999999996313 \pm 1.9675133483597E-11	-0.999999093866603 \pm 1.21514588907608E-06	-0.91842051242368 \pm 0.137964536355579
9	1.24930518893877E- 132 \pm 0	4.7802886666667E-05 \pm 0.000257426422956778	6.969942961888E-62 \pm 3.74147450437135E-61	4.7621178362973E-12 \pm 7.33670041820722E-12	1.8447483566914E-59 \pm 9.9341822121312E-59	7.50216247139637E-45 \pm 4.04003813183686E-44
10	0.156790374773358 \pm 0	427.02381572174 \pm 1346.51127266542	0.110229166544805 \pm 0.122167683580225	0.00247067082269856 \pm 0.0018264653183405	0.110834912804849 \pm 0.0964544335949684	3.98505261552623 \pm 3.66941791049754
11	4.2133104774394 \pm 0	422007.863503837 \pm 2271972.09679764	40.846394468035 \pm 17.1209046331419	0.0118058870350586 \pm 0.00440934342077157	0.773879153379867 \pm 0.999619025814967	4.2137931883028E-09 \pm 9.12593607537413E-09
12	1.78094591640631E-22 \pm 0	0 \pm 0	1.00803512814524E-10 \pm 1.173182777213E-10	0.058073899057877 \pm 0.0121583595210448	2.0870938227897E-24 \pm 4.60530536710262E-24	8.86139573345097E-23 \pm 2.43712898077779E-22
13	0.000111086455449809 \pm 0	2.34658427783978E-212 \pm 0	2485.67012504537 \pm 1852.35028936002	30.3646367499774 \pm 8.82626332899822	0.0120952699698822 \pm 0.0215331342236044	1.08115348607321E-10 \pm 5.03857791730268E-10
14	27.9303576657862 \pm 0	203553953.465936 \pm 1070496540.77336	62.027161629222 \pm 157.270312266847	934.551887530077 \pm 1553.17367332349	27.5496131771172 \pm 0.287207081218429	28.3847742670498 \pm 0.231333380042985
15	0.666667025993353 \pm 0	412.210824488543 \pm 1218.59996739562	0.666973576390287 \pm 0.000420729633862599	1.29301826444812 \pm -1.5920596489813	0.66666676618713 \pm 1.40051246100752E-07	0.666812128457777 \pm 0.000544235146381016
16	1E+10 \pm 0	6884587413373.87 \pm 13351244141210	1E+10 \pm 0	870388597544.407 \pm 531818550377.491	1E+10 \pm 0	1E+10 \pm 0
17	9867957398.5656 \pm 0	3131504837.33751 \pm 8714169693.05518	9797325294.1487 \pm 1091436693.24674	164135.857522734 \pm 39928.0673269392	9204845957.1802 \pm 2086720589.73617	9812274064.71083 \pm 1010935100.1057
18	229484522.615761 \pm 0	233975766.678205 \pm 428007607.987056	126135662.573049 \pm 51153249.711251	2089631.04563646 \pm 1269512.72920016	240646447.848658 \pm 93831830.7174122	737488536.546353 \pm 505254777.415075
19	30563.4566322277 \pm 0	20531.5856272286 \pm 8756.51527046557	24691.4823121296 \pm 5326.4490789562	2.89430589294296 \pm 0.890505991250016	33804.4012746347 \pm 7686.60373189521	46288.0999380387 \pm 16035.3549756818
20	345703263.63411 \pm 0	100940432.511201 \pm 179428675.819019	228458035.283358 \pm 63303534.6780765	5432399.35372983 \pm 2083654.93413403	322721369.659297 \pm 129458111.200591	765344347.30613 \pm 723683883.993856

5.000 Evaluaciones de la Función Objetivo						
Evaluaciones	5.000 Evaluaciones de la Función Objetivo					
Función	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
21	40060.3545479617 ± 0	35339.558121666 ± 17391.3062695709	31399.3849615772 ± 6795.25621229695	29.0708631463337 ± 10.6699838930211	43065.3937839313 ± 10338.2617055081	55393.1424067183 ± 22987.1282780449
22	38982.0808579663 ± 0	25719.5671502462 ± 22140.5166530777	32005.8333542526 ± 5130.64638209564	51.5195270342713 ± 14.3703849443596	42614.42099435 ± 13274.9576102159	61031.6497992977 ± 56370.1782484528
23	111344805.226857 ± 0	99793366.0607997 ± 197303215.137997	36868482.1709253 ± 11268064.9026437	62904.164457268 ± 34510.5507751035	114110527.691467 ± 40591714.4366645	492510339.536057 ± 358911344.149784
24	1.32027439275035E-05 ± 0	31.615266446212 ± 170.253420234321	2070.4326243452 ± 2071.48441513252	1158.65510269228 ± 529.649292845394	0.0533284972747257 ± 0.0806594957867045	1.1008128260251E-10 ± 5.44320963479074E-10
25	2638638.7401437 ± 0	37728520.402801 ± 69033415.3500308	2638638.74014376 ± 2.59939427112074E-07	2679083.35409772 ± 39446.2521904278	2638638.7401437 ± 0	2638638.7401437 ± 0
26	2.55071266566753E-28 ± 0	4.9094227897441E-299 ± 0	4.53657040733873E-08 ± 1.12913912190851E-07	36504.7451631893 ± 19499.0550441796	1.18298422031437E-32 ± 6.35511927458158E-32	0.157186565766948 ± 0.595180294667235
27	-141.105541007594 ± 0	96999.7667824283 ± 127104.995739784	-134.591517824637 ± 19.3464651864757	-207.310545970947 ± 1.24133497610938	-167.869165623151 ± 11.3304108594547	-50.4163644594377 ± 42.7008709887721
28	1.60250688979298E-18 ± 0	3.88086184085293E-67 ± 2.08990806067125E-66	0.000195604260506401 ± 0.000446701183646073	0.10570765283256 ± 0.0283678098016667	4.32185243908263E-24 ± 1.6339697829634E-23	0.000526424401983857 ± 0.00147575061415148
29	0 ± 0	6.0201254909597 ± 31.4393282138827	0 ± 0	4.6087939871894E-09 ± 1.86107209625522E-08	0 ± 0	0 ± 0
30	1.91272583445174E-06 ± 0	4.79514174968103 ± 20.8580873925978	7.9482986853346E-07 ± 1.3785874215078E-06	1.73255392249224E-10 ± 4.50451942679808E-10	2.38525478864896E-06 ± 3.53966214043981E-06	0.044404579288973 ± 0.141399946498668
31	0 ± 0	173.224464100907 ± 141.489330800304	7.65182625409957E-09 ± 1.89826118764888E-08	31.479185543886 ± 7.9846037199836	0 ± 0	0 ± 0
32	-8547.13761762167 ± 0	-4727.1902665167 ± 1345.23842259717	-6805.8849355789 ± 520.6337005304	-10639.1748342466 ± 451.530174852181	-12863.3450098726 ± 1334.51602897148	-7617.68894113653 ± 3301.01858956085
33	-9.98441748465293 ± 0	-11.2195520858754 ± 5.68417694526069	-11.4463886546627 ± 0.544595717688787	-26.2186735199545 ± 0.682602129395314	-10.4541627134056 ± 0.651108979266664	-11.6645838710945 ± 1.51565633273806
34	272.07748575567 ± 0	295.077714010571 ± 119.303518461702	240.336760395947 ± 24.283164003367	71.0412705510187 ± 23.1602954829493	280.711338597165 ± 31.1856165933667	286.169293218047 ± 31.27285501162
35	17.800316368519 ± 0	16.2843029702275 ± 3.05552941516025	17.241758765446 ± 0.914627696310834	9.730058806966 ± 7.87751269127138	18.7673053541091 ± 0.892983735994312	19.3129996425961 ± 0.685050500000504
36	1.85037170770859E-18 ± 0	0.00910784049590093 ± 0.0170420002863894	0 ± 0	0.0736125072309297 ± 0.396415466159024	0 ± 0	0 ± 0
37	-1.03162826270781 ± 0	-1.03162845348063 ± 1.0641217208272E-11	-1.03162831920321 ± 3.58519192590737E-07	-1.03162845344428 ± 1.39498221115151E-10	-1.03162824113084 ± 2.45671512240935E-07	-1.03046667760826 ± 0.00335995549993277
38	-1.47652879205519 ± 0	-1.47652879219609 ± 1.21009216810806E-14	-1.47652879218191 ± 3.25523154777909E-11	-1.47652858057634 ± 4.24081220939758E-07	-1.47652879144629 ± 1.52138020633101E-09	-1.43443885710301 ± 0.0943094614485097
39	0 ± 0	1.14522145113622 ± 5.71967670708619	0 ± 0	6.18180556892037E-08 ± 1.35972696505264E-07	0 ± 0	1.15793115836501E-12 ± 6.23565012311154E-12
40	-186.715667405125 ± 0	-186.730908824034 ± 6.43931370086109E-09	-186.718138245376 ± 0.0149660537585233	-186.730908814594 ± 8.48685929772113E-08	-186.689489574799 ± 0.0652225692169216	-181.583454117749 ± 12.6124011757622
41	-5971817.63051803 ± 0	-101562.06263117 ± 0	-5530624.70102927 ± 393451.262189961	-62713.161773194 ± 47581.9654967093	-5948934.45622443 ± 267676.230634136	-1706741.09164367 ± 2481266.03171596
42	0 ± 0	5.65628345792707 ± 6.21665774756511	9.56982181315273E-06 ± 5.15326975129724E-05	0.0364105428021203 ± 0.0146819744491197	0 ± 0	0 ± 0
43	3.8783790993573E-15 ± 0	1.28057852041296 ± 4.03283223081927	2.51466718707387E-07 ± 2.90065216854977E-07	1.69689850366389 ± 0.105162007625571	4.4408920985007E-16 ± 7.00114053383652E-30	0.000657967434289917 ± 0.00198107122199953
44	94437739.003843 ± 0	136431157.434358 ± 63572210.7878933	85255286.448654 ± 11154515.0531019	59399321.577634 ± 17544596.1372034	100189125.026738 ± 11910331.7124085	95261967.5122957 ± 19797334.337575
45	12624940.3867047 ± 0	11885335.1652452 ± 2976420.58114124	10311147.0046995 ± 1083418.11596483	2715911.97747954 ± 1109208.45446199	13378404.9324393 ± 1313475.04360393	17077303.1283389 ± 1844523.71349673

5.000 Evaluaciones de la Función Objetivo							
Evaluaciones	Función	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
46		1E+10 ± 0	25144748032741.6 ± 45869445864512.9	1E+10 ± 0	359718009.721737 ± 1185325480.8791	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
47		288.710634052277 ± 0	347.35323018896 ± 85.4024135488961	267.86793541038 ± 22.2229115259137	109.809819019166 ± 22.2900189968903	306.055218503389 ± 24.0123815363113	290.749606763938 ± 36.2712052864215
48		34.331049868625 ± 0	32.4423012279627 ± 4.15180945543058	31.6792903868701 ± 1.31356853404857	19.5845416136014 ± 9.7656520696898	34.599905650584 ± 1.3767364906895	37.3580119501647 ± 1.38217664535628
49		207503631.832445 ± 0	500826297.79015 ± 2436675330.33043	683408726.962793 ± 2490010646.08363	641.092846395667 ± 1534.28033434372	526381670.017213 ± 1767735789.63784	6811733076.67797 ± 3507882573.8606
50		289.649498233122 ± 0	382.166372948047 ± 87.7771028220777	269.17238134062 ± 21.0922507028529	158.103666051804 ± 35.6875886285978	302.724683466573 ± 26.2632659750913	281.131812760179 ± 33.7351469787364
51		34.2505825038513 ± 0	31.5892038737609 ± 5.31571898986699	31.6107598841607 ± 0.950736927123958	21.1740393312357 ± 6.03463756332193	34.7494100934377 ± 1.44110332111029	37.410199634192 ± 1.37498943904063
52		1E+10 ± 0	699069989.876653 ± 1079344673.9033	1E+10 ± 0	2775.29278999655 ± 4006.011330701831	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
53		1E+10 ± 0	1369567239.1507 ± 2457156246.65991	9710358233.71187 ± 1559768646.49112	1428.27589247234 ± 3335.45251032335	9757261896.6147 ± 1307184691.70108	1E+10 ± 0
54		5.1138140036274 ± 0	12.1698038326922 ± 4.7496968011111	10.3097467736486 ± 0.569482108203039	8.78866912393293 ± 0.961843356427194	4.16863829521297 ± 3.33320098699521	0.3353556093148 ± 1.2807548240078
55		0 ± 0	1.0540740087251 ± 5.65092452125961	1.64131961355451E-09 ± 2.48724767399334E-09	4.65134732522913 ± 1.44615896538597	0 ± 0	0 ± 0
56		0.99800383803221 ± 0	17.361691919468 ± 88.1211556267945	0.998003837848277 ± 7.66154264710432E-11	0.998003837794447 ± 3.83995046657096E-14	0.998003838177057 ± 4.26901617094154E-10	4.81765745906673 ± 3.41694059410502
57		0.000489731859413153 ± 0	0.0211539294524734 ± 0.10429832663234	0.000459092381517593 ± 0.000100130598681769	0.00246895681461227 ± 0.00597612170927559	0.000471927071704773 ± 9.65806268489846E-05	0.000424809441410987 ± 0.000300843327337715
58		0.48102738318228 ± 0	1309750.29626614 ± 6991636.9549754	0.20280944359139 ± 0.203245629984795	0.0161269794193284 ± 0.0169543862806377	0.41364395228453 ± 0.298983157699991	44.0616604689077 ± 55.1089909742278
59		0.0322966763583649 ± 0	25.1942922594593 ± 47.0962023668646	0.0121678921483306 ± 0.00976506701991092	0.000404297116390553 ± 0.000445670855744992	0.0248951665945378 ± 0.0236007028363426	0.811684062403647 ± 1.39394000123775
60		-3.27987347749023 ± 0	-3.10845874516274 ± 0.360866423622805	-3.31234459800467 ± 0.0295129595053405	-3.29057971019116 ± 0.0527149280355059	-3.28418092147314 ± 0.0374925592034586	-3.27298846755436 ± 0.14419251695784
61		-1.28438000995385 ± 0	-1.28438001181741 ± 2.99760216648791E-14	-1.28438001172541 ± 1.30054022796746E-10	-1.28438001181741 ± 2.99760216648791E-14	-1.28438000901451 ± 5.62575173687836E-09	-1.28438000721425 ± 2.44017158186856E-08

Tabla 10. Valor medio y desviación estándar (±SD) del mejor valor de optimización obtenido en 30 ciclos de ejecuciones y 10.000 evaluaciones de la función objetivo.

10.000 Evaluaciones de la Función Objetivo							
Evaluaciones	Función	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
1		-5.5 ± 0	5.0072343 ± 14.152389	-5.3333333 ± 21.59218	5.0037306 ± 14.147412	-10.066667 ± 24.92112	1.8666667 ± 17.925277
2		0 ± 0	7.8333333 ± 3.2360813	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
3		2.14E-69 ± 0	3.10273225588303E-320 ± 0	1.13E-21 ± 6.07E-21	0.0224601 ± 0.1099938	2.46E-57 ± 1.33E-56	3.07E-06 ± 1.61E-05
4		465 ± 0	465.00135 ± 0.0005548	465 ± 0	465.00012 ± 0.0005326	465 ± 0	465 ± 1.77E-05
5		1E+10 ± 0	3.209E+10 ± 2.812E+09	1E+10 ± 0	1.674E+10 ± 890326044	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
6		2.333E+09 ± 0	3.28E-09 ± 1.77E-08	3E+09 ± 4.583E+09	4.09E-09 ± 4.15E-09	1E+09 ± 3E+09	6.65E-31 ± 3.58E-30
7		8.21E-08 ± 0	0.0001012 ± 0.0004201	8.53E-09 ± 2.39E-08	1.48E-11 ± 2.34E-11	8.68E-08 ± 1.44E-07	0.012744 ± 0.0460288
8		-0.9999999 ± 0	-1 ± 1.55E-12	-1 ± 4.64E-10	-1 ± 0	-0.9999999 ± 9.20E-08	-0.9476637 ± 0.1158907
9		1.21E-268 ± 0	1.66E-09 ± 8.33E-09	8.07E-122 ± 4.08E-121	1.48E-12 ± 3.56E-12	6.46E-110 ± 3.48E-109	7.00E-181 ± 0
10		0.070896 ± 0	0.1604747 ± 0.3172199	0.0508494 ± 0.0720147	0.0002887 ± 0.0001935	0.0609137 ± 0.0731385	2.3043344 ± 3.2551904

Evaluaciones Función	10.000 Evaluaciones de la Función Objetivo					
	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
11	0.0009556 ± 0	0.025755 ± 0.1281438	7.7355887 ± 5.4096005	0.0015151 ± 0.0005508	0.0036256 ± 0.0045775	2.20E-14 ± 9.47E-14
12	4.01E-46 ± 0	0 ± 0	2.56E-21 ± 3.16E-21	0.0213218 ± 0.0046321	8.88E-47 ± 3.13E-46	6.03E-46 ± 1.82E-45
13	1.90E-14 ± 0	1.23516411460312E-322 ± 0	126.79691 ± 176.53625	4.5078958 ± 1.5350425	8.47E-07 ± 1.63E-06	4.30E-20 ± 2.24E-19
14	27.749347 ± 0	283.55056 ± 1035.5152	28.004533 ± 0.2304351	524.29411 ± 927.73364	27.235917 ± 0.2242561	28.166284 ± 0.292456
15	0.6666667 ± 0	0.6935344 ± 0.0537842	0.6666685 ± 2.64E-06	0.8918637 ± 0.6669544	0.6666667 ± 2.02E-09	0.6668029 ± 0.0005459
16	1E+10 ± 0	9.683E+11 ± 1.62E+12	1E+10 ± 0	4.921E+11 ± 2.799E+11	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
17	9.5E+09 ± 0	1709859.9 ± 3599959.7	9.463E+09 ± 2.011E+09	77806.229 ± 20975.921	8.993E+09 ± 2.572E+09	9.79E+09 ± 1.13E+09
18	172886712 ± 0	6433387.5 ± 8080183.2	73774518 ± 27029480	1332049.6 ± 828765.62	181814612 ± 79505005	634513776 ± 512400983
19	25860.495 ± 0	84.37306 ± 59.172769	15930.063 ± 3950.7283	0.3178568 ± 0.0981399	27234.6 ± 6314.4776	41921.929 ± 17070.133
20	274522798 ± 0	7204519.7 ± 9670381.7	148138827 ± 44924264	2988734.5 ± 1221351.5	248880339 ± 117467424	578201446 ± 612220592
21	33970.584 ± 0	601.28261 ± 379.99773	23353.72 ± 4832.004	3.0897893 ± 0.8541828	34169.352 ± 9565.6721	45974.27 ± 20226.282
22	33502.069 ± 0	650.0501 ± 644.35538	22361.576 ± 4014.3445	5.7278594 ± 1.5552235	33989.673 ± 8254.4975	54704.125 ± 57883.415
23	71474494 ± 0	1273944 ± 2098424	17225511 ± 5012545.6	18901.94 ± 8583.7018	72761394 ± 22316403	400309232 ± 375102604
24	5.29E-16 ± 0	11.056071 ± 59.538764	264.54709 ± 500.07839	381.74996 ± 129.59872	7.79E-06 ± 1.87E-05	6.97E-20 ± 3.74E-19
25	2638638.7 ± 0	2903137.1 ± 312606.67	2638638.7 ± 0	2654733 ± 36384.915	2638638.7 ± 0	2638638.7 ± 0
26	4.02E-65 ± 0	4.94065645841247E-324 ± 0	2.39E-20 ± 6.32E-20	12033.524 ± 5468.4367	6.13E-46 ± 3.30E-45	0.0668085 ± 0.3597744
27	-150.352 ± 0	-112.50725 ± 101.83142	-151.09102 ± 21.697019	-209.68931 ± 0.1312699	-173.57106 ± 10.844885	-65.897605 ± 40.405325
28	1.37E-38 ± 0	5.40E-81 ± 2.91E-80	1.31E-06 ± 3.34E-06	0.0396413 ± 0.0100506	3.04E-33 ± 1.58E-32	0.0005262 ± 0.0014762
29	0 ± 0	0.0009489 ± 0.0050735	0 ± 0	7.40E-17 ± 1.73E-16	0 ± 0	0 ± 0
30	9.99E-08 ± 0	0.0065094 ± 0.0313429	2.78E-09 ± 5.23E-09	5.92E-11 ± 1.59E-10	7.58E-08 ± 9.36E-08	0.0023847 ± 0.0101147
31	0 ± 0	53.422448 ± 56.039439	0 ± 0	21.200845 ± 5.8013608	0 ± 0	0 ± 0
32	-8547.1376 ± 0	-6131.0028 ± 413.86249	-6846.132 ± 535.80409	-11236.692 ± 325.09616	-12863.345 ± 1334.516	-8663.7836 ± 3151.7582
33	-10.668378 ± 0	-15.413536 ± 3.7182932	-12.654036 ± 0.7182356	-26.751891 ± 0.6301633	-11.184189 ± 0.601501	-12.434228 ± 1.7984484
34	256.13038 ± 0	105.25941 ± 26.185872	195.64142 ± 22.757222	46.235314 ± 20.493434	262.89575 ± 30.771515	269.09834 ± 31.570765
35	17.226101 ± 0	3.9769132 ± 4.4804663	15.257367 ± 0.9067461	7.976267 ± 8.5819982	18.042175 ± 0.9324873	18.922941 ± 0.7443041
36	0 ± 0	0.0003248 ± 0.0017442	0 ± 0	0.0012603 ± 0.0067867	0 ± 0	0 ± 0
37	-1.0316284 ± 0	-1.0316285 ± 6.36E-12	-1.0316285 ± 2.01E-09	-1.0316285 ± 4.98E-11	-1.0316284 ± 4.06E-08	-1.0309809 ± 0.0021487
38	-1.4765288 ± 0	-1.4765288 ± 2.00E-14	-1.4765288 ± 2.14E-14	-1.4765288 ± 1.35E-07	-1.4765288 ± 1.23E-12	-1.4496587 ± 0.083829
39	0 ± 0	1.69E-05 ± 5.24E-05	0 ± 0	7.34E-09 ± 1.36E-08	0 ± 0	1.16E-12 ± 6.24E-12
40	-186.728 ± 0	-186.73091 ± 4.55E-09	-186.73018 ± 0.0020488	-186.73091 ± 5.59E-09	-186.71586 ± 0.0389338	-183.01572 ± 12.404473
41	-5979394.3 ± 0	-101562.06 ± 0	-5530624.7 ± 393451.26	-62713.193 ± 47581.991	-5951699.2 ± 266137.44	-2729150.8 ± 2828126.3
42	0 ± 0	0.0802441 ± 0.053655	7.18E-16 ± 3.87E-15	0.0153148 ± 0.0103742	0 ± 0	0 ± 0
43	3.05E-15 ± 0	0.2480781 ± 0.63288	1.96E-13 ± 1.78E-13	0.214493 ± 0.5292401	4.44E-16 ± 7.00E-30	0.0004423 ± 0.0016633
44	89795782 ± 0	49848007 ± 22641501	70978206 ± 12150457	59399171 ± 17544592	91253168 ± 12066504	91149143 ± 19994229
45	11378765 ± 0	1303717.5 ± 829290.33	7549409.7 ± 1094774.6	2592445.5 ± 1197144.6	11956556 ± 1215641.6	15710519 ± 2371575
46	1E+10 ± 0	1.078E+09 ± 3.623E+09	1E+10 ± 0	121345442 ± 201061034	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
47	273.25003 ± 0	128.77664 ± 38.974531	234.80869 ± 17.451858	95.808046 ± 21.995441	287.25845 ± 26.055169	278.62194 ± 34.478018
48	32.862626 ± 0	22.215125 ± 0.8653619	28.917808 ± 1.2050983	17.877039 ± 9.722999	33.290874 ± 1.2878427	35.996827 ± 1.5143483
49	71518971 ± 0	40451.017 ± 43871.217	670146985 ± 2.494E+09	258.73627 ± 524.67634	428401678 ± 1.779E+09	6.616E+09 ± 3.763E+09
50	275.52931 ± 0	128.63006 ± 29.716546	247.53842 ± 16.888146	158.09896 ± 35.688115	288.68016 ± 22.90006	275.37015 ± 34.134695
51	32.792196 ± 0	21.167246 ± 3.9689526	28.798007 ± 1.0666309	21.170937 ± 6.0347702	33.343442 ± 1.3469796	35.840049 ± 1.9306335
52	1E+10 ± 0	45663.086 ± 90848.295	1E+10 ± 0	1793.2555 ± 3233.8472	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
53	1E+10 ± 0	31189.284 ± 109500.78	9.674E+09 ± 1.756E+09	1055.5688 ± 2610.6799	9.721E+09 ± 1.502E+09	1E+10 ± 0
54	2.0347186 ± 0	10.617553 ± 3.7523054	9.1056183 ± 0.5869262	8.0787609 ± 0.8820714	1.4552516 ± 2.9419688	0.1990638 ± 1.0719914
55	0 ± 0	1.8738665 ± 3.1216614	0 ± 0	2.9083536 ± 1.1697033	0 ± 0	0 ± 0
56	0.9980038 ± 0	0.9980038 ± 7.93E-12	0.9980038 ± 1.40E-13	0.9980038 ± 1.58E-14	0.9980038 ± 1.79E-11	4.1879977 ± 3.4263159
57	0.0003767 ± 0	0.0015495 ± 0.0035223	0.0003257 ± 3.05E-05	0.0024361 ± 0.0059853	0.0003587 ± 4.50E-05	0.0003335 ± 5.15E-05

Evaluaciones Función	10.000 Evaluaciones de la Función Objetivo					
	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
58	0.2294401 ± 0	2.2958259 ± 5.2955369	0.0588701 ± 0.088267	0.0081324 ± 0.0058879	0.1801277 ± 0.1743526	32.78279 ± 58.126061
59	0.0118425 ± 0	4.3819304 ± 18.085208	0.0031016 ± 0.0041062	0.0001957 ± 0.000152	0.0134361 ± 0.0112429	0.4640961 ± 1.0046247
60	-3.2984101 ± 0	-3.2031286 ± 0.0001543	-3.3143141 ± 0.0297208	-3.2905797 ± 0.0527149	-3.2987335 ± 0.0389083	-3.3094071 ± 0.0329664
61	-1.28438 ± 0	-1.28438 ± 3.00E-14	-1.28438 ± 2.97E-14	-1.28438 ± 3.00E-14	-1.28438 ± 5.91E-11	-1.28438 ± 4.67E-11

Tabla 11. Valor medio y desviación estándar (±SD) del mejor valor de optimización obtenido en 30 ciclos de ejecuciones y 20.000 evaluaciones de la función objetivo.

Evaluaciones Función	20.000 Evaluaciones de la Función Objetivo					
	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
1	-5.5 ± 0	5.0008613 ± 14.143354	-5.3333333 ± 21.59218	5.0021891 ± 14.145232	-10.066667 ± 24.92112	-1.4666667 ± 20.349829
2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
3	2.41E-142 ± 0	0 ± 0	9.70E-38 ± 4.60E-37	0.0210271 ± 0.110261	6.37E-134 ± 3.43E-133	2.99E-06 ± 1.61E-05
4	465 ± 0	465.00001 ± 1.26E-05	465 ± 0	465.0001 ± 0.0005351	465 ± 0	465 ± 1.77E-05
5	1E+10 ± 0	3.215E+10 ± 2.97E+09	1E+10 ± 0	1.647E+10 ± 777878750	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
6	2.333E+09 ± 0	2.08E-10 ± 1.12E-09	3E+09 ± 4.583E+09	1.00E-09 ± 1.11E-09	1E+09 ± 3E+09	1.27E-80 ± 6.81E-80
7	2.20E-09 ± 0	5.36E-09 ± 1.75E-08	6.69E-12 ± 3.58E-11	3.59E-12 ± 9.10E-12	3.90E-09 ± 9.91E-09	0.0105468 ± 0.0458462
8	-1 ± 0	-1 ± 1.01E-12	-1 ± 0	-1 ± 0	-1 ± 8.76E-10	-0.9567213 ± 0.1105242
9	0 ± 0	2.67E-11 ± 9.98E-11	3.61E-242 ± 0	2.63E-13 ± 8.25E-13	1.17E-198 ± 0	0 ± 0
10	0.0350353 ± 0	1.62E-05 ± 4.53E-05	0.0331992 ± 0.0470459	3.62E-05 ± 3.17E-05	0.039374 ± 0.0553199	1.0191463 ± 2.3628292
11	1.31E-15 ± 0	0.0001009 ± 0.0002375	0.1374864 ± 0.150367	0.0003541 ± 0.0006841	8.85E-08 ± 1.68E-07	1.45E-26 ± 7.23E-26
12	1.87E-92 ± 0	0 ± 0	1.56E-37 ± 5.18E-37	0.0098643 ± 0.0038802	4.69E-91 ± 2.00E-90	9.43E-94 ± 2.72E-93
13	2.40E-35 ± 0	0 ± 0	0.3346178 ± 0.6177757	0.7232576 ± 0.8498849	1.19E-14 ± 3.10E-14	4.58E-40 ± 2.46E-39
14	27.571865 ± 0	30.39491 ± 14.558109	27.750532 ± 0.2528445	124.37666 ± 139.82746	27.01493 ± 0.1914312	27.906473 ± 0.3012344
15	0.6666667 ± 0	0.6667813 ± 0.0001691	0.6666667 ± 1.67E-09	0.8408222 ± 0.6231241	0.6666667 ± 1.37E-12	0.6668029 ± 0.0005459
16	1E+10 ± 0	3.676E+11 ± 3.407E+11	1E+10 ± 0	2.636E+11 ± 1.383E+11	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
17	8.879E+09 ± 0	72111.717 ± 36407.878	9.368E+09 ± 2.365E+09	65618.799 ± 20920.52	8.899E+09 ± 2.814E+09	9.732E+09 ± 1.443E+09
18	114145537 ± 0	980561.27 ± 943244.31	23831589 ± 9873848.1	839958.38 ± 514361.83	125093879 ± 51902327	494356318 ± 524722476
19	19670.656 ± 0	0.0001377 ± 6.91E-05	6517.8768 ± 1699.3981	0.0436644 ± 0.0281357	20677.46 ± 4382.5286	36416.977 ± 20039.313
20	194714865 ± 0	2068109.8 ± 1482384.7	49410805 ± 15581047	1639828.6 ± 674363.7	173103831 ± 75547217	417717357 ± 435602371
21	26528.8 ± 0	0.0102976 ± 0.0100294	12270.433 ± 2652.5298	0.3436482 ± 0.093024	27383.934 ± 5590.4996	37410.679 ± 18060.6
22	26599.291 ± 0	0.0295552 ± 0.030967	12575.335 ± 3434.9566	0.6770999 ± 0.2689686	27730.532 ± 6217.384	38248.659 ± 35237.095
23	41115760 ± 0	9302.0756 ± 18820.982	3160923.4 ± 1258634.3	4138.5173 ± 2192.0705	42130354 ± 13763996	256262755 ± 339147763
24	1.26E-38 ± 0	1.49E-05 ± 8.01E-05	1.3598245 ± 3.9965915	100.71277 ± 38.113212	6.33E-14 ± 1.43E-13	3.62E-41 ± 1.89E-40
25	2638638.7 ± 0	2640645.1 ± 3327.0499	2638638.7 ± 0	2648397.4 ± 37245.633	2638638.7 ± 0	2638638.7 ± 0
26	5.36E-138 ± 0	0 ± 0	2.38E-35 ± 6.77E-35	3987.8662 ± 2145.5863	4.17E-74 ± 2.24E-73	0.0668084 ± 0.3597745
27	-158.8819 ± 0	-210 ± 2.15E-06	-170.96988 ± 16.367227	-209.95988 ± 0.0142329	-186.17448 ± 9.4288418	-87.322835 ± 35.589725
28	8.62E-76 ± 0	1.41E-153 ± 7.62E-153	1.54E-08 ± 6.55E-08	0.0152471 ± 0.0033262	1.41E-44 ± 5.37E-44	0.000499 ± 0.0014783
29	0 ± 0	8.47E-08 ± 1.48E-07	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
30	1.67E-09 ± 0	6.81E-09 ± 1.88E-08	3.02E-15 ± 7.33E-15	2.63E-11 ± 1.23E-10	6.29E-09 ± 1.90E-08	0.0022792 ± 0.0101309
31	0 ± 0	39.388672 ± 39.984752	0 ± 0	14.798885 ± 3.4132962	0 ± 0	0 ± 0
32	-8547.1376 ± 0	-6184.568 ± 377.89444	-6846.132 ± 535.80409	-11424.801 ± 292.13761	-12863.345 ± 1334.516	-8988.269 ± 2849.5498
33	-12.094752 ± 0	-17.158941 ± 2.1838569	-16.613181 ± 0.9056379	-27.036834 ± 0.5223479	-12.200567 ± 0.7207094	-13.730094 ± 1.9718965
34	227.05884 ± 0	90.137289 ± 20.0627	114.56317 ± 19.185441	26.031856 ± 20.342897	235.09324 ± 28.934957	238.12104 ± 31.093287
35	16.10432 ± 0	1.9326893 ± 4.9326922	10.770063 ± 0.8762257	5.9533713 ± 8.2695265	16.939509 ± 0.9355798	18.060743 ± 1.0518343
36	0 ± 0	0.0003239 ± 0.0017441	0 ± 0	0.0001792 ± 0.000965	0 ± 0	0 ± 0

Evaluaciones Función	20.000 Evaluaciones de la Función Objetivo					
	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
37	-1.0316285 ± 0	-1.0316285 ± 3.59E-12	-1.0316285 ± 9.99E-15	-1.0316285 ± 2.19E-14	-1.0316285 ± 9.92E-10	-1.0311208 ± 0.0021066
38	-1.4765288 ± 0	-1.4765288 ± 5.66E-14	-1.4765288 ± 2.00E-14	-1.4765288 ± 1.44E-08	-1.4765288 ± 1.17E-14	-1.4689008 ± 0.0200647
39	0 ± 0	2.05E-07 ± 9.05E-07	0 ± 0	3.16E-09 ± 7.43E-09	0 ± 0	1.16E-12 ± 6.24E-12
40	-186.73007 ± 0	-186.73091 ± 3.12E-09	-186.73089 ± 9.41E-05	-186.73091 ± 2.15E-10	-186.72916 ± 0.004636	-186.46007 ± 1.4565409
41	-5986828.1 ± 0	-101562.06 ± 0	-5530624.7 ± 393451.26	-63330.731 ± 46933.174	-5951699.2 ± 266137.44	-3735747.1 ± 2729092.3
42	0 ± 0	0.0071388 ± 0.011344	0 ± 0	0.0118046 ± 0.010097	0 ± 0	0 ± 0
43	1.98E-15 ± 0	0.0009835 ± 0.0010771	3.88E-15 ± 6.38E-16	0.0086231 ± 0.0163104	4.44E-16 ± 7.00E-30	0.0004423 ± 0.0016633
44	79483043 ± 0	49448150 ± 22514187	40421349 ± 10662727	59399139 ± 17544594	83677092 ± 10592857	84849558 ± 18760750
45	9283013.5 ± 0	1009688.7 ± 933123.61	4016463.9 ± 578695.11	2480053.8 ± 1258589.4	10122183 ± 958570.08	13537213 ± 3000348.9
46	1E+10 ± 0	53402275 ± 160881846	1E+10 ± 0	117921365 ± 194769349	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
47	249.6298 ± 0	113.59904 ± 34.074701	160.8672 ± 22.471144	88.278578 ± 21.172433	266.84711 ± 26.359511	260.57365 ± 33.469895
48	31.048514 ± 0	20.374926 ± 1.9804511	23.678629 ± 2.1734634	15.579187 ± 8.2714189	30.841389 ± 1.3542837	33.880566 ± 2.3741248
49	24422891 ± 0	209.84684 ± 365.47027	666801225 ± 2.494E+09	121.88726 ± 197.22735	358363630 ± 1.791E+09	6.061E+09 ± 4.248E+09
50	259.39313 ± 0	126.56081 ± 29.274066	190.0141 ± 18.767301	158.09822 ± 35.688328	270.55948 ± 25.641535	264.99046 ± 31.894026
51	30.838029 ± 0	20.35391 ± 3.9712142	24.048155 ± 2.4004895	21.092436 ± 6.0022602	31.221559 ± 1.1347272	33.782418 ± 2.5673509
52	1E+10 ± 0	924.8228 ± 2191.4783	1E+10 ± 0	767.30649 ± 1800.0385	9.746E+09 ± 1.37E+09	1E+10 ± 0
53	1E+10 ± 0	472.88005 ± 1160.4905	9.668E+09 ± 1.789E+09	294.34699 ± 882.11157	9.689E+09 ± 1.673E+09	1E+10 ± 0
54	0.5286859 ± 0	10.087803 ± 3.5731951	6.7564182 ± 0.6506543	6.74147 ± 0.9079156	0.8225071 ± 2.1232728	0.1990638 ± 1.0719914
55	0 ± 0	1.7571556 ± 1.9978669	0 ± 0	1.6431829 ± 0.7387895	0 ± 0	0 ± 0
56	0.9980038 ± 0	0.9980038 ± 1.70E-14	0.9980038 ± 1.70E-14	0.9980038 ± 1.57E-14	0.9980038 ± 4.59E-13	3.0403284 ± 2.7479715
57	0.0003112 ± 0	0.0014645 ± 0.0035377	0.0003076 ± 1.38E-07	0.0024332 ± 0.0059857	0.0003134 ± 1.16E-05	0.0003099 ± 5.59E-06
58	0.0696552 ± 0	0.0042933 ± 0.002528	0.0336294 ± 0.051468	0.0072464 ± 0.0058772	0.0660214 ± 0.0566816	4.2360991 ± 11.132937
59	0.0045083 ± 0	0.0002015 ± 0.0001484	0.0013762 ± 0.0022747	0.0001734 ± 0.0001484	0.0048042 ± 0.0039284	0.2026709 ± 0.5991623
60	-3.3048991 ± 0	-3.2031615 ± 1.08E-06	-3.3144204 ± 0.0297351	-3.2905797 ± 0.0527149	-3.3084081 ± 0.0353788	-3.3139973 ± 0.0297783
61	-1.28438 ± 0	-1.28438 ± 3.00E-14	-1.28438 ± 3.00E-14	-1.28438 ± 3.00E-14	-1.28438 ± 2.75E-14	-1.28438 ± 5.32E-13

Tabla 12. Valor medio y desviación estándar (±SD) del mejor valor de optimización obtenido en 30 ciclos de ejecuciones y 50.000 evaluaciones de la función objetivo.

Evaluaciones Función	50.000 Evaluaciones de la Función Objetivo					
	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
1	-5.63333333333333 ± 21.7539013103906	5 ± 14.142135623731	-5.33333333333333 ± 21.5921796542689	5.00139787584907 ± 14.1441127872815	-10.0666666666667 ± 24.921120003367	-5.3 ± 22.03958559804
2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
3	0 ± 0	0 ± 0	7.138570799753E-69 ± 2.61658382071008E-68	0.000274531242648087 ± 0.00107303288483642	0 ± 0	2.6879374091258E-78 ± 1.44749859394046E-77
4	465 ± 0	465 ± 0	465 ± 0	465.0001002127 ± 0.000535648980594717	465 ± 0	465.00004722257 ± 1.76700257096347E-05
5	1E+10 ± 0	19545945925.6256 ± 1128162922.46906	1E+10 ± 0	15955103094.0722 ± 728623107.289619	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
6	1000000000 ± 3000000000	3.33366666666667E-22 ± 1.795234444120507E-21	3000000000 ± 4582575694.95584	2.13701629415882E-10 ± 4.01807402697361E-10	1000000000 ± 3000000000	6.3281170398791E-225 ± 0
7	2.35945985364993E-11 ± 1.15178996646487E-10	0 ± 0	8.4843633816739E-32 ± 1.88510063184007E-31	1.78277451796199E-12 ± 8.58949371086989E-12	3.11945034661097E-11 ± 1.50259690300522E-10	0.0102950946196799 ± 0.045882881725523
8	-0.999999999999987 ± 3.36952352650853E-14	-0.999999999999497 ± 5.17200793091944E-13	-1	-1	-0.99999999999947 ± 2.33375250355312E-13	-0.978093723944497 ± 0.0820158181723969

Evaluaciones Función	50.000 Evaluaciones de la Función Objetivo					
	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
9	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	4.78158173794327E-15 ± 1.91784305940165E-14	0 ± 0	0 ± 0
10	0.0202140293771689 ± 0.0270754668348394	9.13723229485777E-08 ± 1.39618015091826E-07	0.00248952235748765 ± 0.00321383361914031	2.704183874787E-06 ± 2.18426977821151E-06	0.0209923134618849 ± 0.0306507739212417	0.631287876353807 ± 2.07786542540453
11	9.07250161588697E-55 ± 3.8602434319368E-54	7.53525141253727E-06 ± 2.56277649331373E-05	3.65781620932473E-14 ± 5.98287007368286E-14	0.000215040451656501 ± 0.000719579915304643	1.69568374474113E-18 ± 3.65366774375043E-18	6.20261841246127E-63 ± 3.33052097663322E-62
12	2.09174603085205E-234 ± 0	0 ± 0	9.12073628798933E-63 ± 1.86583847334563E-62	0.00556546845874257 ± 0.00486081023261834	3.33264530854421E-220 ± 0	6.29174265282003E-236 ± 0
13	6.64140720036213E-97 ± 2.73182098553821E-96	0 ± 0	9.881481866745E-15 ± 3.07984823995533E-14	0.212784283745779 ± 0.919408569671549	8.85180743182147E-38 ± 4.76023049977657E-37	1.13615017484418E-103 ± 4.32509781954881E-103
14	27.4286203588989 ± 0.230653160585147	22.0687325498575 ± 3.59790764537296	27.16869384606 ± 0.252800325630049	79.1793998856807 ± 66.7633680726325	26.8897542730633 ± 0.20736843184606	27.640271658038 ± 0.311283734709237
15	0.666666666666683 ± 1.59872115546023E-14	0.666692271257107 ± 3.15283660659249E-05	0.666666666666683 ± 1.5954913072123E-14	0.75258264907348 ± 0.43229441258779	0.666666666666683 ± 1.59872115546023E-14	0.666802885225583 ± 0.000545915732360685
16	1E+10 ± 0	254512483190.36 ± 172557223256	1E+10 ± 0	113574874580.638 ± 66048498763.978	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
17	8527379633.57803 ± 3295638326.06148	54995.209085595 ± 22512.4898098211	9333347078.6433 ± 2494386827.66719	56226.4999605667 ± 18118.7275057434	8768596448.42603 ± 3139544407.3276	9697246199.54457 ± 1630379111.43882
18	53028204.097966 ± 18677381.2074638	453143.743500383 ± 290218.130254501	2756848.7529475 ± 1590640.76243407	436774.812700613 ± 253822.698235503	49442994.8597867 ± 19120008.6069698	130047393.566688 ± 122290395.883318
19	9705.79634052177 ± 2447.36743016936	1.09640237742218E-05 ± 2.57850407397355E-06	98.247779588983 ± 58.0650790513954	0.0088687427126397 ± 0.0306092844482906	11233.4329705559 ± 2444.42125532034	24117.7657367078 ± 19899.9409588889
20	94111873.9783467 ± 38239897.8522144	1292515.4519744 ± 470799.183733978	8790843.3085611 ± 3508680.65416821	738030.337250673 ± 268141.204712707	79160349.5928247 ± 329603262.6635863	192349272.232667 ± 323236362.761395
21	17248.2223174679 ± 4277.45260278877	7.53247525965793E-05 ± 0.000226473907512124	528.207226474687 ± 321.789472937616	0.0411979712904707 ± 0.0912476510939803	18256.2208029139 ± 4393.87690556132	22979.8613349477 ± 11031.3732100766
22	17531.9353195019 ± 4170.68123695485	0.00107759177402719 ± 0.00244868054582067	596.334539608587 ± 316.840627371038	0.108124659041627 ± 0.335917708435391	19017.0514682528 ± 4755.04154057623	21626.0712567377 ± 10380.6718872898
23	12880713.130799 ± 4431738.21376535	1385.12706462201 ± 3347.08789772543	5316.818775875 ± 10704.4360490714	461.130823357927 ± 436.609498605574	13141318.1328225 ± 5164457.72109877	71561336.1570967 ± 183582814.36061
24	1.80545786015154E-107 ± 9.41071280110489E-107	9.9920226190697E-08 ± 5.38086885603061E-07	2.7437051849355E-14 ± 1.10372631209793E-13	9.04958923969553 ± 3.45528166860813	3.89631966309937E-36 ± 1.73030977846107E-35	1.31139888689039E-106 ± 6.98839650413796E-106
25	2638638.7401437 ± 0	2638638.7401437 ± 0	2638638.7401437 ± 0	2646135.15323285 ± 36532.1128175183	2638638.7401437 ± 0	2638638.7401437 ± 0
26	0 ± 0	0 ± 0	2.29592567445213E-66 ± 1.18022775789098E-65	516.619601725217 ± 284.12914098535	1.37806028926013E-301 ± 0	1.3545129886759E-145 ± 7.294275677424E-145
27	-173.965556650534 ± 17.9087365649017	-209.999999657 ± 1.14953539678E-07	-209.124840504396 ± 0.470046783192347	-209.995396088426 ± 0.00600389296941496	-197.979203361493 ± 6.1791704832688	-113.649152351629 ± 30.1799487459543
28	4.5171216625018E-206 ± 0	1.58974111791148E-156 ± 8.56101792063171E-156	5.8015042860608E-11 ± 3.12417983427092E-10	0.00465167930019657 ± 0.000888186453870436	5.81520123841673E-81 ± 3.13157625917607E-80	9.0204819333894E-05 ± 0.000401455592953507
29	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
30	3.96050658652977E-13 ± 7.31023267347242E-13	0 ± 0	7.8886090522101E-32 ± 2.36658271566302E-31	2.48001180178508E-11 ± 1.22716981961975E-10	9.30820376688113E-13 ± 2.1955958744956E-12	0.00186384702288665 ± 0.0100370886724846
31	0 ± 0	1.02814721064788 ± 5.53674217533445	0 ± 0	4.96767454175517 ± 2.07646136114209	0 ± 0	0 ± 0
32	-8547.13761762167 ± 668.166740381576	-6575.74050192463 ± 501.208880997073	-6846.13203850513 ± 535.804092219991	-11858.6981669674 ± 259.965395634759	-12863.3450098726 ± 1334.51602897148	-9165.60826444827 ± 2665.98912962513
33	-15.6571866082306 ± 0.922102233975241	-18.7227062143179 ± 1.40661720771158	-27.0661782304325 ± 1.27476682251599	-27.4461992000892 ± 0.527076842790791	-15.6251507235075 ± 1.13653778346414	-16.5794720853941 ± 2.29382086988514

Evaluaciones	50.000 Evaluaciones de la Función Objetivo					
Función	CS	COA	ICS	MCS	MCSA	CS ± LEM
34	160.568796339952 ± 17.3912317889038	67.3848085973037 ± 17.8145974889413	4.87706645401933 ± 4.07349575341954	8.6757237269874 ± 2.94935165965436	168.666136345527 ± 26.5305469525327	169.710394070229 ± 25.962279477918
35	13.5430932032144 ± 1.02307241137088	1.34499377342397 ± 5.00391221082107	0.599599719136917 ± 0.786041682375625	0.629935046610223 ± 3.37818233991547	13.3998963406579 ± 0.993118508404348	15.3444456377106 ± 1.63043141228428
36	0 ± 0	9.0565580573613E-06 ± 4.87710577242729E-05	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
37	-1.03162845348988 ± 3.10628948026769E-14	-1.03162845348846 ± 1.25751084865993E-12	-1.03162845348989 ± 9.99200722162628E-15	-1.03162845348989 ± 9.99200722162628E-15	-1.03162845348989 ± 3.11187941907424E-14	-1.03118291586634 ± 0.0020942343004501
38	-1.4765287921961 ± 1.99840144432527E-14	-1.4765287921961 ± 1.99840144432527E-14	-1.4765287921961 ± 1.99840144432527E-14	-1.47652879194509 ± 9.33188496940613E-10	-1.4765287921961 ± 1.99840144432527E-14	-1.47436835812101 ± 0.008738192430229
39	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	2.9992962558012E-10 ± 1.31450877956557E-09	0 ± 0	0 ± 0
40	-186.730907094787 ± 6.37909502270238E-06	-186.730908830028 ± 8.58237458066416E-10	-186.730908831021 ± 3.01270119962285E-12	-186.730908831021 ± 3.01270119962285E-12	-186.730906900156 ± 8.01043715545282E-06	-186.730905353784 ± 1.3712441887296E-05
41	-5986828.09910173 ± 290453.553117311	-101562.06263117 ± 0	-5530624.70102927 ± 393451.262189961	-66517.999637231 ± 46168.2982797001	-5951699.17106583 ± 266137.435087692	-4161898.83792263 ± 2624802.03029166
42	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0.0111758837457333 ± 0.0100804039249112	0 ± 0	0 ± 0
43	4.4408920985007E-16 ± 7.00114053383652E-30	9.17784367023483E-16 ± 1.20769042496078E-15	3.64153152077057E-15 ± 1.06581410364014E-15	0.00523960839559017 ± 0.0169284385798889	4.4408920985007E-16 ± 7.00114053383652E-30	0.000242666798120527 ± 0.00130675962873192
44	56155615.076565 ± 14686616.5094915	48243300.3067757 ± 18490647.4254944	29533016.4336314 ± 10760245.1475921	59399129.3609843 ± 17544593.1783126	62290803.9812997 ± 12531335.9964578	68098734.2784983 ± 17194064.8978609
45	6017043.84316063 ± 841897.754741356	1009376.15658687 ± 933444.143225524	2382856.49005888 ± 552698.109142162	2357711.67853954 ± 1304642.47240331	6318042.6419979 ± 917281.311609552	9656707.35021153 ± 3964155.72136479
46	1E+10 ± 0	20704321.8135207 ± 58227369.5809571	1E+10 ± 0	70441874.3270473 ± 146168262.831452	1E+10 ± 0	1E+10 ± 0
47	204.059881759952 ± 29.9789361078818	101.40330567368 ± 30.1782026653881	48.3445326133337 ± 14.4127016796377	81.523932135753 ± 20.9462975189764	220.810043525156 ± 23.7628880583727	218.392741487246 ± 32.5617631803157
48	26.6155736008261 ± 2.13061592876661	20.301656709739 ± 1.98253454486222	8.52128132278887 ± 7.98835640019883	14.6903503057942 ± 8.11049180921326	27.0480816690934 ± 0.938450476149511	28.9706152468137 ± 2.49196201806524
49	1714908.03389667 ± 1386667.7580424	114.486736378285 ± 184.77261657326	666666967.912513 ± 2494438177.33798	61.333720798066 ± 79.4586154779166	335180375.826263 ± 1794712574.01517	5869360524.83417 ± 4435574107.13419
50	231.127045925105 ± 26.5003118384023	126.556589224307 ± 29.2718157564277	93.5285336071067 ± 21.0186677177472	158.098086331848 ± 35.6883231761378	243.786273959431 ± 26.1897199268842	238.175889579818 ± 30.4795348670701
51	27.0717397112583 ± 0.875893415629577	20.3226460204562 ± 3.96874256176303	12.9280104227161 ± 8.05305729660239	20.8382040599638 ± 6.11892966058626	27.1671649208675 ± 1.0032671671781	28.8139329037694 ± 2.99960850362055
52	9727715124.41197 ± 1466298929.53168	337.779502300307 ± 436.896470725724	1E+10 ± 0	151.926038199777 ± 208.229349438636	9682169896.73073 ± 1711567486.77363	1E+10 ± 0
53	1E+10 ± 0	95.31028891105 ± 172.567304350426	9666667149.55953 ± 1795052335.25382	69.121861878436 ± 83.1520593177667	9673560178.09767 ± 1757932240.55565	1E+10 ± 0
54	0.259347552454585 ± 1.3966293122949	8.34535639305677 ± 3.48903754269343	0.992584941017693 ± 0.331297531809169	4.33284671433027 ± 0.745480404060847	0.163516031983808 ± 0.880560780841476	0 ± 0
55	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0.55186296106478 ± 0.532791253975085	0 ± 0	0 ± 0
56	0.998003837794433 ± 1.69864122767649E-14	0.998003837794433 ± 1.69864122767649E-14	0.998003837794433 ± 1.69864122767649E-14	0.998003837794433 ± 2.13877197110678E-14	0.998003837794433 ± 1.69864122767649E-14	1.93206794637489 ± 1.03161627352104
57	0.000307639964132336 ± 2.03351062957005E-07	0.000693050248193843 ± 0.000416179604051182	0.000307505603914333 ± 9.35949273715337E-14	0.00242864606583059 ± 0.00598634707378693	0.00030762582828924 ± 1.86092907732422E-07	0.000307575674471047 ± 8.53004280547425E-08
58	0.0259527878114099 ± 0.0391628350145318	0.00394644313566177 ± 0.00255691382508316	0.0138422438975137 ± 0.0127528119155854	0.00629617780551907 ± 0.00506490855071692	0.0190744711823711 ± 0.0279043218876661	1.40714498815066 ± 7.43474400975629

Evaluaciones	50.000 Evaluaciones de la Función Objetivo					
	Función	CS	COA	ICS	MCS	MCSA
59	0.00102066554718174 ± 0.00137359703487458	0.000150671403243377 ± 0.000122739196198761	0.000347551802643063 ± 0.000483922294626719	0.000162143439345181 ± 0.000142843067405873	0.00117388932134564 ± 0.00159475021218682	0.00166779309986385 ± 0.00268474874426709
60	-3.3064401576793 ± 0.0405119718857285	-3.20316185666457 ± 6.88219984087569E-08	-3.31442093854755 ± 0.0297352238996055	-3.29057971988266 ± 0.0527149178048145	-3.31041374066217 ± 0.0357534599868341	-3.31435389896912 ± 0.0297184820926751
61	-1.28438001181741 ± 2.99760216648791E-14	-1.28438001181741 ± 2.99760216648791E-14	-1.28438001181741 ± 2.99760216648791E-14	-1.28438001181741 ± 2.99760216648791E-14	-1.28438001181741 ± 2.99760216648791E-14	-1.28438001181741 ± 2.99760216648791E-14

Anexo C – Implementación del Sistema de Laboratorio (WDC)

C. SISTEMA DE LABORATORIO (WDC)

Para la solución del problema de agrupamiento de documentos Web se propuso un nuevo algoritmo hibridación entre los algoritmos de la Búsqueda Cucú y el K-means. Para efectuar las evaluaciones del algoritmo se desarrolló un prototipo software, el prototipo recibe el nombre Project Web Document Clustering (WDC). Esta labor requirió el uso de una metodología de desarrollo de software ágil basada en el Proceso Unificado (UP) que se describe a continuación.

C.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó en este proyecto es una instanciación del Proceso Unificado Ágil de Desarrollo de Software (AUP). La metodología está relacionada con la elaboración del algoritmo híbrido entre la Búsqueda Cucú y el K-means y el desarrollo de la herramienta computacional para evaluar el algoritmo con base en las medidas de precisión y recuerdo ponderado. A continuación se muestra un resumen de cada fase:

C.1.1 Iniciación:

En esta fase se realizó un diseño preliminar del algoritmo que hibrida la Búsqueda Cucú con K-means para el problema de agrupamiento de documentos Web y de la arquitectura general del sistema teniendo en cuenta los requisitos relacionados con la evaluación. Como resultado de esta fase se obtuvo: Un diagrama general de Casos de Uso del sistema.

C.1.2 Elaboración:

Esta fase consistió en entender en mayor detalle los requerimientos para el modelado, el diseño del algoritmo y de la arquitectura general del sistema. Como resultado de esta fase se obtuvo casos de uso de alto nivel, diagrama de clases y arquitectura base.

C.1.3 Construcción:

El objetivo de esta fase fue obtener un prototipo funcional del algoritmo híbrido. Para el desarrollo de esta etapa se tuvieron en cuenta las siguientes actividades:

- **Análisis:** Se hizo una profundización sobre los artefactos generados durante la fase de elaboración para la creación del sistema.
- **Diseño:** En esta actividad, se diseñó una combinatoria que permita optimizar los parámetros del algoritmo de clustering de documentos Web que se propuso en la investigación y se realizó el afinamiento de dichos parámetros con un conjunto de datos de prueba. Se realizó los casos de uso reales que sirvieron como guía para la construcción de las diferentes funcionalidades.
- **Implementación:** Se implementó el sistema (en los primeras iteraciones el algoritmo de hibridación) con los artefactos obtenidos en las anteriores actividades (Análisis y Diseño). posteriormente se hizo pruebas respectivas para garantizar su funcionalidad.
- **Pruebas:** Se realizaron las validaciones pertinentes sobre la herramienta para garantizar su funcionalidad

C.1.3.1 Ciclos de desarrollo

Los ciclos de desarrollo permitieron dividir la funcionalidad del sistema en funciones más pequeñas que facilitaron la labor de construcción de la herramienta cumpliendo con cada una de las fases mencionadas anteriormente. Los ciclos desarrollados fueron:

- **Ciclo 1. Desarrollo algoritmo híbrido:** En este ciclo se modeló e implementó el algoritmo híbrido utilizando Microsoft Visual Studio 2010 y C# como lenguaje de programación.
- **Ciclo 2. Mecanismo de evaluación:** En este ciclo se realizó la integración del algoritmo propuesto para agrupamiento de documentos Web con el Framework de Laboratorio WDC (herramienta software que provee los métodos de apoyo para el proceso de agrupamiento Web).
- **Ciclo 3. Tabulación y reporte de resultados:** En este ciclo se desarrolló el mecanismo para obtener los resultados de la evaluación del algoritmo a través de archivos de texto.

C.1.4 Transición:

En esta fase se verificó la funcionalidad del sistema y se realizó la evaluación del algoritmo mediante el uso del sistema.

C.2 ARQUITECTURA DEL FRAMEWORK DE LABORATORIO (WDC)

Para el framework WDC se definió una arquitectura multicapa que consta de cuatro capas: 1) Capa de presentación, 2) Capa de lógica de negocio, 3) Capa de lógica del servicio y 4) Capa de datos. En la **Figura 11** se muestra la arquitectura del framework y sus componentes.

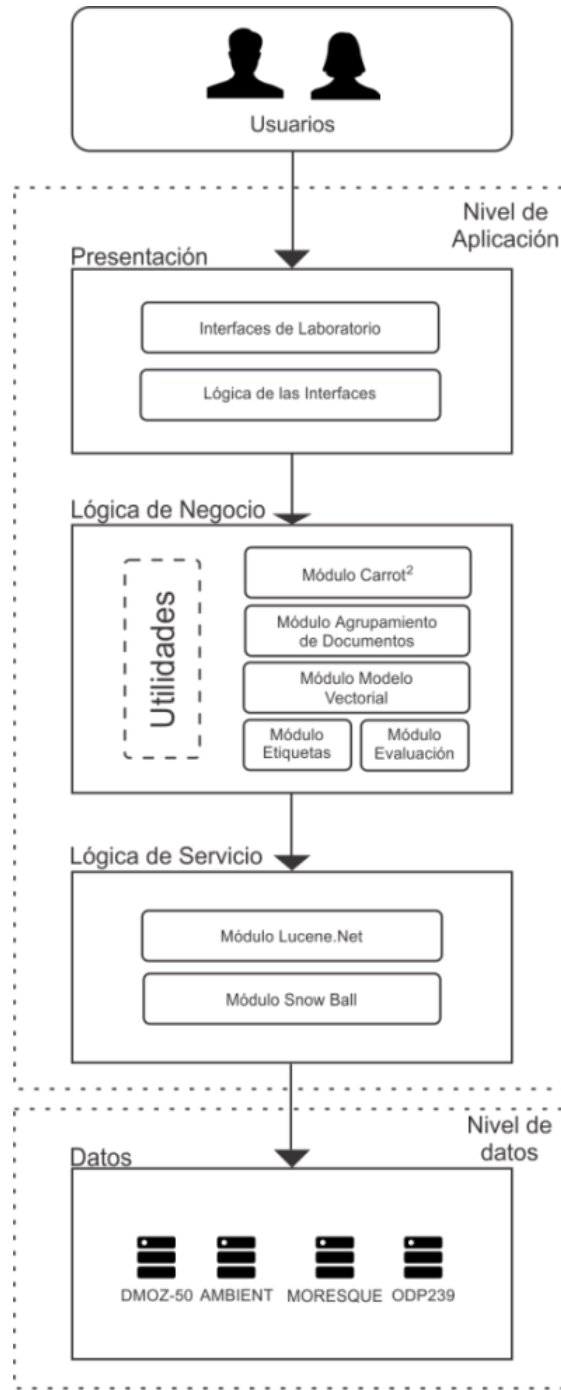


Figura 11. Arquitectura del framework de laboratorio WDC

A continuación se presenta una breve descripción de las funciones que tiene cada una de las capas de la arquitectura.

C.2.1 Capa de presentación

Esta capa es la encargada de presentar al usuario las pruebas que se pueden realizar, para finalmente presentar los resultados de la ejecución en el formulario y almacenarlos en archivos de texto.

C.2.2 Capa lógica del negocio

Esta capa se encarga de realizar el proceso de agrupación de documentos Web, este proceso comprende la generación del modelo de espacio vectorial (Matriz de Términos por Documentos, TDM), el uso del algoritmo K-means para la optimización de las soluciones, el etiquetado de los grupos, el cálculo de las medidas de evaluación, como por ejemplo: el número de grupos (k), la precisión, el recuerdo, la medida-F, el fall-out, la exactitud y la medida SSL_k entre otros.

C.2.3 Capa lógica de servicios

Esta capa se encarga proporcionar servicios como Lucene.Net, para facilitar el proceso de creación de la matriz TDM, la remoción de palabras vacías (stop word), lematización de palabras (stemming) en inglés entre otros.

C.2.4 Capa de datos

Esta capa está encargada de realizar lo relacionado con el acceso a datos de los conjuntos de datos de evaluación (DMOZ-50, AMBIENT, MORESQUE y ODP239).

C.3 ANÁLISIS Y DISEÑO

A continuación se muestran algunos resultados generales del sistema, resultado del análisis, diseño, implementación y pruebas en los diferentes ciclos, llevados a cabo para el desarrollo del software de laboratorio.

C.3.1 Casos de uso de alto nivel

En la **Figura 12** se muestra la única operación que el usuario puede realizar.



Figura 12. Diagrama de casos de uso para los usuarios del sistema de laboratorio (WDC)

C.3.2 Casos de uso real

A continuación se muestra el caso de uso real de WDC (ver **Tabla 1**).

Tabla 13. Caso de uso real - Ejecutar pruebas.

CASO DE USO REAL: EJECUTAR PRUEBAS		CU01
Actores: Usuario		
Propósito: Realizar la ejecución de las pruebas de experimentación		
Resumen: El Usuario selecciona la prueba que va a ejecutar. El sistema WDC ejecuta la prueba seleccionada, posteriormente presenta en la interfaz principal los resultados obtenidos.		
Tipo: Primario.		
CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS		
Acción del actor	Respuesta del sistema	
1. El usuario ejecuta la opción que da inicio a este caso de uso.		
	2. El sistema WDC presenta al usuario una interfaz con los diferentes conjuntos de datos de pruebas que se pueden ejecutar, a saber: 1) DMOZ-50, 2) AMBIENT, 3) MORESQUE y 4) ODP-239.	
3. El usuario selecciona el conjunto de datos de prueba que desea ejecutar.	4. El sistema WDC ejecuta la evaluación del algoritmo con el conjunto de datos de prueba seleccionado. La evaluación se realiza en treinta (30) ciclos de ejecución. Los resultados se almacenan en archivos de texto.	
	5. Una vez terminada la ejecución de la prueba seleccionada el sistema WDC presenta los resultados obtenidos en la interfaz principal y finaliza el sistema.	

C.3.3 Diagramas de clases

En las **Figuras 13, 14, 15, 16 y 17** se muestra el diagrama de clases del sistema WDC representado por paquetes. A continuación en la **Tabla 14** se describe la funcionalidad de las principales clases.

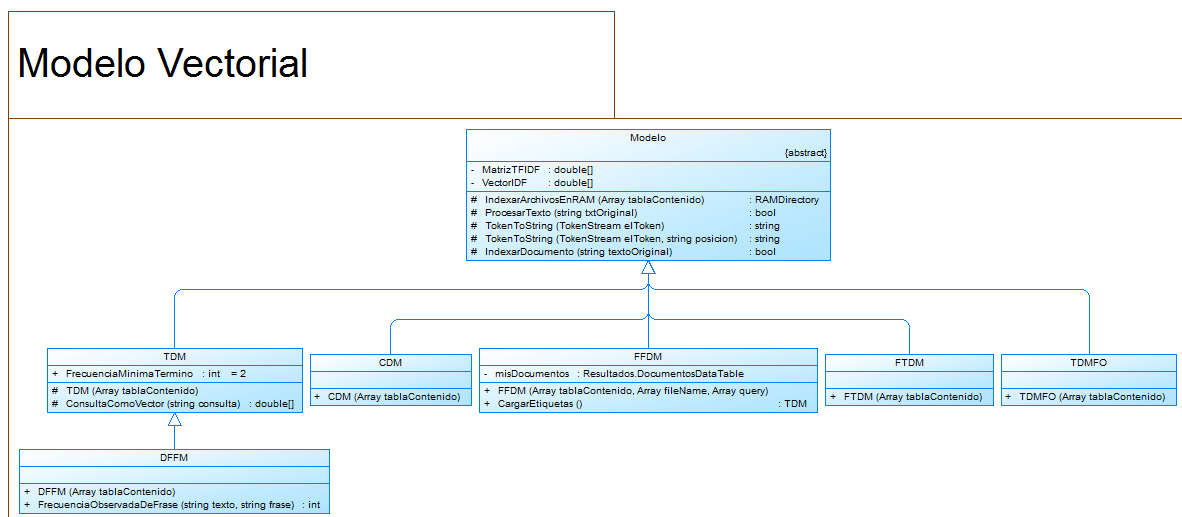


Figura 13. Diagrama de clases del sistema PCS (Parte 1).

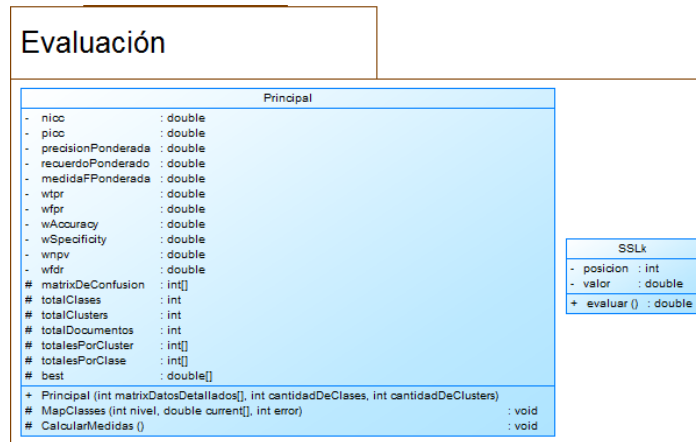


Figura 14. Diagrama de clases del sistema PCS (Parte 2).

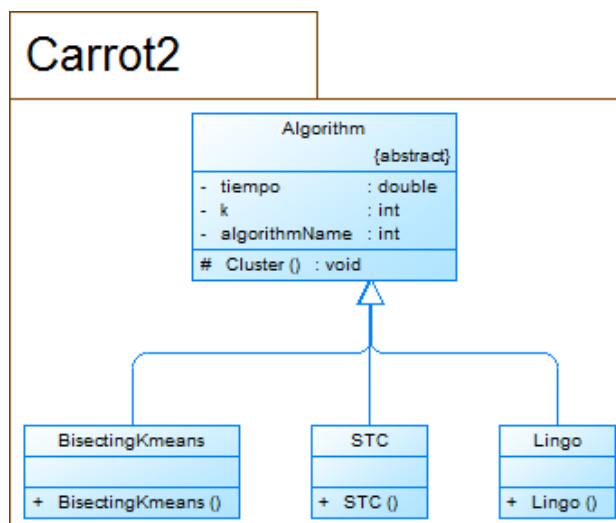


Figura 15. Diagrama de clases del sistema PCS (Parte 3).

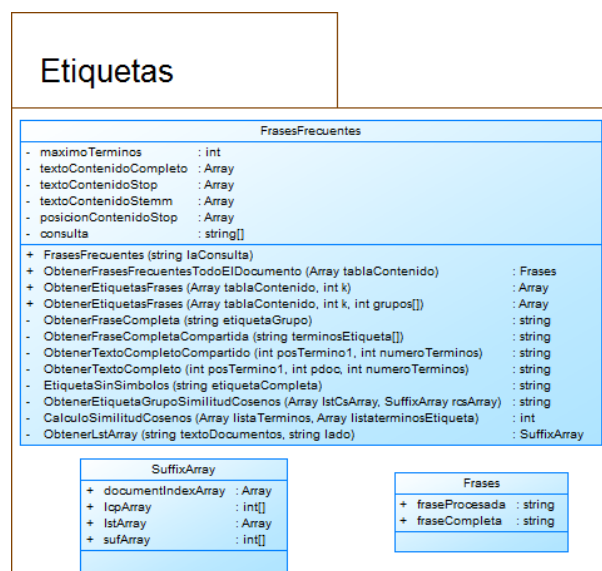


Figura 16. Diagrama de clases del sistema PCS (Parte 4).

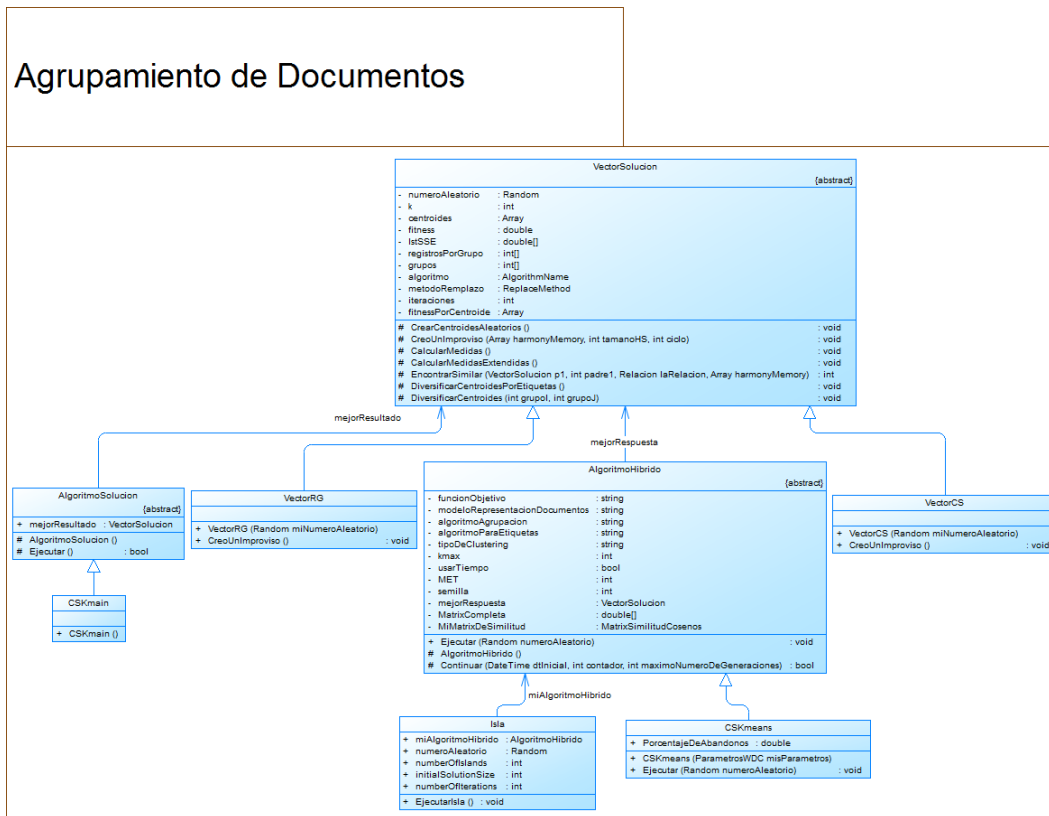


Figura 17. Diagrama de clases del sistema PCS (Parte 5).

Tabla 14. Descripción de las clases del sistema WDC.

CLASE	FUNCIÓN
Algorithm	Clase Base que contiene las características principales de los algoritmos de agrupamiento Web.
AlgoritmoHibrido	Clase base que contiene las características principales del algoritmo hibrido para agrupamiento Web.
AlgoritmoSolucion	Clase que almacena las mejores soluciones del proceso de agrupamiento.
BisectingKmeans	Clase derivada que implementa el algoritmo de agrupamiento Bisecting K-means.
CDM	Clase derivada de Modelo que contiene las características de la Matriz de Conceptos por Documentos.
CSKmain	Clase derivada encargada de la ejecución en paralelo de la hibridación WDC-CSK.
CSKmeans	Clase que implementa el algoritmo propuesto basado en la Búsqueda Cucú y K-means, WDC-CSK.
Isla	Clase encargada de la ejecución de múltiples instancias de un algoritmo de agrupamiento.
Frases	Clase auxiliar para el proceso de etiquetado.
FrasesFrecuentes	Clase encargada del proceso de Etiquetado.
FFDM	Clase derivada de Modelo que contiene las características de la Matriz de Frases Frecuentes por Documentos.
FTDM	Clase derivada de Modelo que contiene las características de la Matriz de Términos Frecuentes por Documentos.
Lingo	Clase derivada que implementa el algoritmo de agrupamiento Lingo.
Modelo	Clase Base encargada de indexar en memoria los documentos recuperados usando Lucene.NET y realiza el pre-procesamiento de los mismos
Principal	Clase encargada de generar el reporte de las medidas de Precisión, Recuerdo y demás medidas de evaluación para una solución específica de agrupación teniendo en cuenta las respuestas ideales.
SSLk	Clase encargada del cálculo de las medidas de evaluación del proceso de etiquetado.
STC	Clase derivada que implementa el algoritmo de agrupamiento STC.
SuffixArray	Clase auxiliar para el proceso de etiquetado.
TDM	Clase derivada de Modelo que contiene las características de la Matriz de Términos por Documentos.
TDMFO	Clase derivada de Modelo que contiene las características de la Matriz de Términos por Documentos TDMFO.
VectorCS	Clase que contiene los métodos principales del algoritmo hibrido basado en la Búsqueda Cucú y K-means, Split and Merge.
VectorRG	Clase que Genera una nuevo vector solución de manera aleatoria (creación de centroides de forma aleatoria).
VectorSolucion	Clase que almacena los centroides y el fitness asociado a una solución.

C.3.4 Interfaz de usuario

Para el desarrollo de las pruebas del proyecto se utilizó el Framework de Laboratorio WDC. Sistema Software que provee los métodos de apoyo para el proceso de agrupamiento de documentos Web, y que permitió efectuar las pruebas para cada uno de los diferentes conjuntos datos de prueba, a saber: DMOZ-50, AMBIENT, MORESQUE u ODP-239. Su funcionamiento se resume en los siguientes pasos:

Al ejecutar la aplicación el programa muestra una interfaz de usuario (ver **Figura 18**) la cual permite escoger el tipo de algoritmo que se desea ejecutar; en nuestro caso el algoritmo para Agrupamiento de documentos Web basado en la Búsqueda Cucú, WDC-CSK (ver **Figura 19**

1. **Figura 19**).
2. Luego se presenta una interfaz con los diferentes conjuntos de datos, de los cuales se debe seleccionar el que se desea probar (ver **Figura 20**).
3. Finalmente, el sistema despliega en pantalla los resultados generales obtenidos tras la ejecución de la prueba con el conjunto de datos específico (ver **Figura 21**).

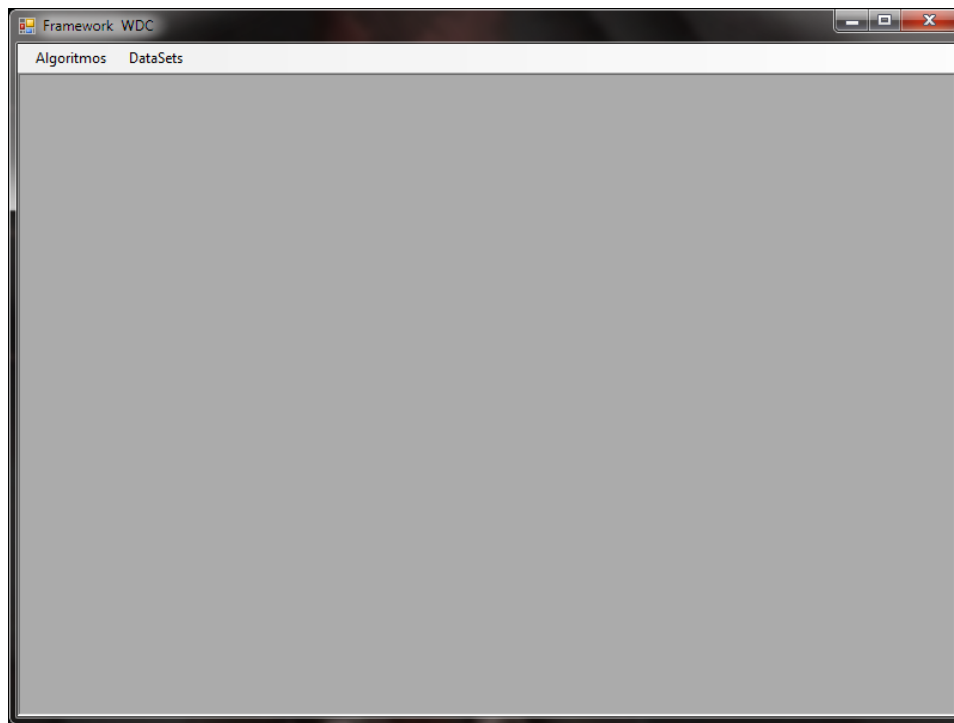


Figura 18. Interfaz de framework de laboratorio WDC.

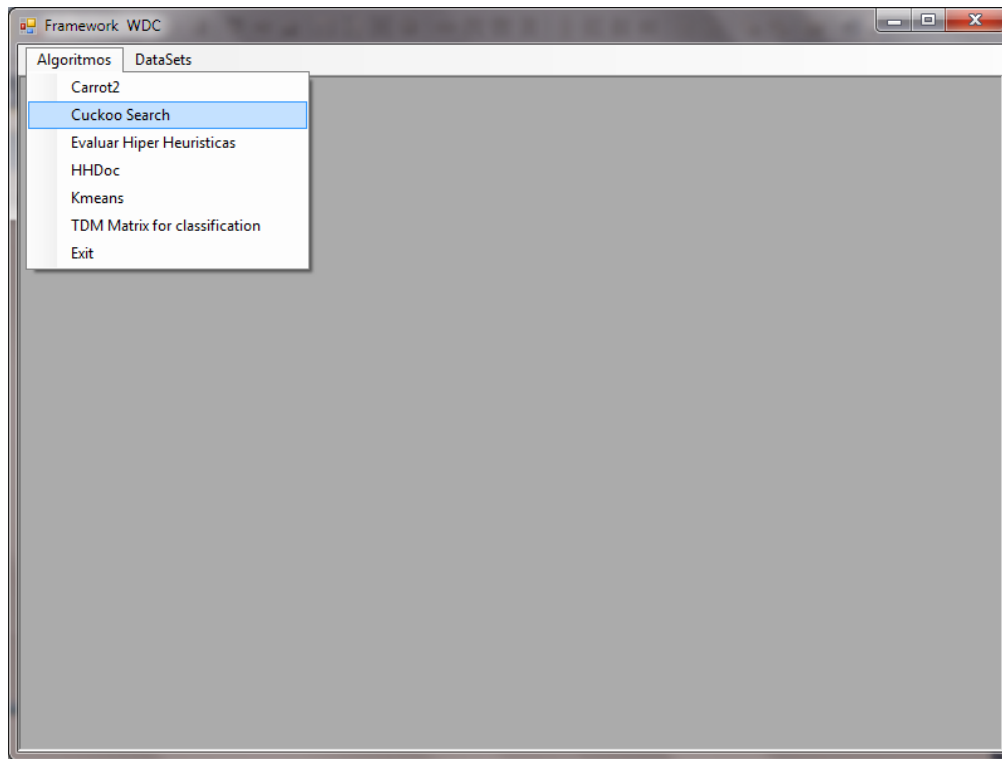


Figura 19. Interfaz algoritmos WDC.

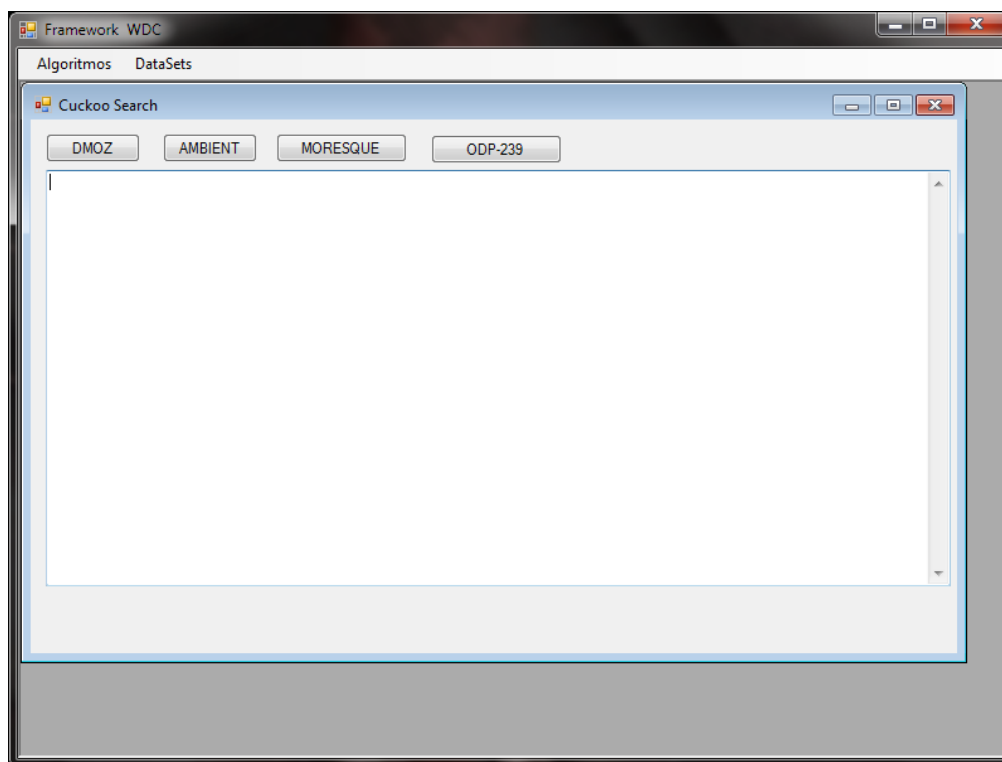


Figura 20. Interfaz de opciones conjuntos de datos para WDC-CSK.

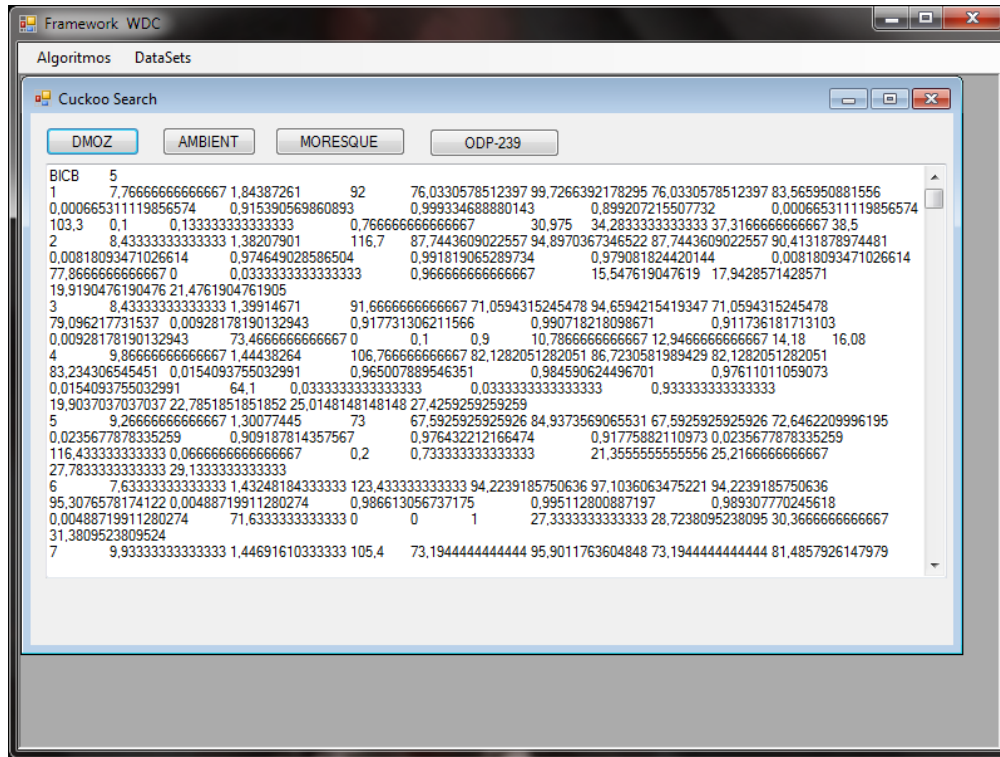


Figura 21. Interfaz de resultados WDC-CSK.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Rajabioun, "Cuckoo Optimization Algorithm," *Applied Soft Computing*, vol. 11, pp. 5508-5518, 2011.
- [2] E. Valian, S. Mohanna, and S. Tavakoli, "Improved Cuckoo Search Algorithm for Feedforward Neural Network Training," *International Journal of Artificial Intelligence & Applications (IJAIA)*, vol. 2, p. 8, 2011.
- [3] S. Walton, O. Hassan, K. Morgan, and M. R. Brown, "Modified cuckoo search: A new gradient free optimisation algorithm," *Chaos, Solitons & Fractals*, vol. 44, pp. 710-718, 2011.
- [4] M. Tuba, M. Subotic, and N. Stanarevic, "Modified cuckoo search algorithm for unconstrained optimization problems," presented at the Proceedings of the 5th European conference on European computing conference, Paris, France, 2011.
- [5] P. N. Suganthan, N. Hansen, J. J. Liang¹, K. Deb, Y.-P. Chen, A. Auger, and S. Tiwari, "Problem Definitions and Evaluation Criteria for the CEC 2005 Special Session on Real-Parameter Optimization," 2005.
- [6] K. Tang, X. Yao, P. N. Suganthan, C. MacNish, Y. P. Chen, C. M. Chen, and Z. Yang, "Benchmark Functions for the CEC' 2008 Special Session and Competition on Large Scale Global Optimization," p. 18, 2007.
- [7] K. Tang, X. Li, P. N. Suganthan, Z. Yang, and T. Weise, "Benchmark Functions for the CEC' 2010 Special Session and Competition on Large-Scale Global Optimization," 2009.
- [8] D. Karaboga and B. Akay, "A comparative study of Artificial Bee Colony algorithm," *Applied Mathematics and Computation*, vol. 214, pp. 108-132, 2009.