

CAPÍTULO 5

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

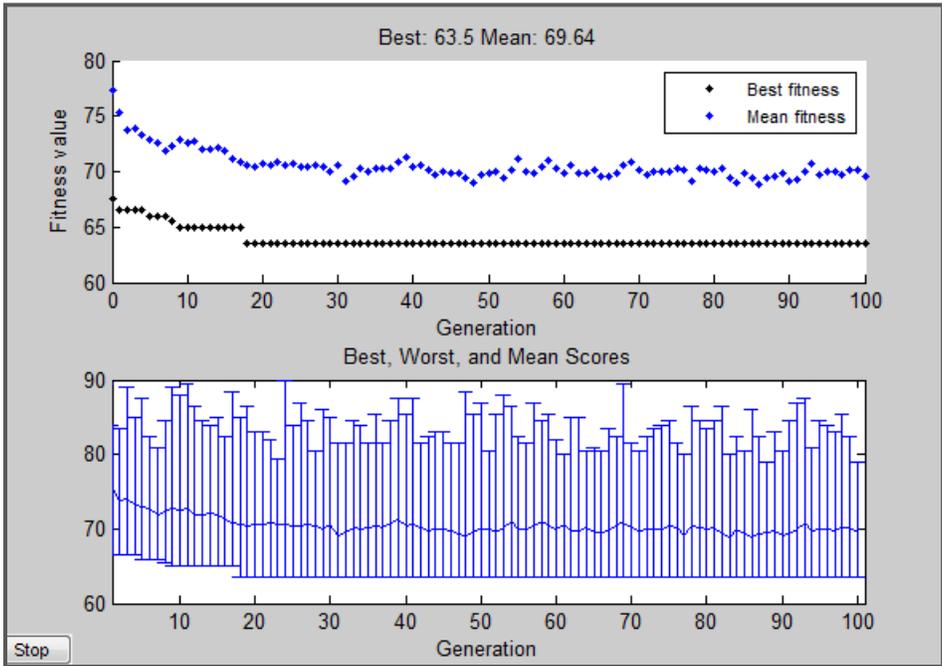
5.1. Resultados de la simulación para el algoritmo genético con codificación para generar secuencias activas

En la tabla 5.1 se muestran los valores arrojados para la simulación de 5 ensayos para 15 actividades y 7 máquinas, los tiempos en que se alcanzó cada uno de los valores del $C_{m\acute{a}x}$, y en negritas el mejor valor alcanzado por el AG. El parámetro de 63.5 se conoce como óptimo por no haber espacios en la línea del tiempo posibles para reacomodar alguna tarea en el centro de trabajo donde se estableció este tiempo, es decir, todas las tareas asignadas en dicho centro de trabajo, se comienzan desde el tiempo 0 y se preceden sin dejar tiempo ocioso alguno entre ellas.

Tabla 5.1 Resultados de la simulación, parámetros y Funciones del AG

RESULTADOS PARA LA SIMULACIÓN DE 15 ACTIVIDADES Y 7 MÁQUINAS EN UN PROBLEMA DE JSSP			
Ensayo Número	Parámetro alcanzado en generación no.	tiempo corrida	parámetro alcanzado $C_{m\acute{a}x}$
1	11	9 seg	63.5
2	18	16 seg	63.5
3	180	2 min 36 seg	65
4	10	9 seg	67
5	107	1 min 33 seg	63.5
Parámetro óptimo	63.5		
Función Evaluación	Con codificación basada en operaciones y generación de secuencias activas		
Función Cruzamiento	Cruzamiento en dos puntos , genera el 60% de la población		
Función Mutación	Tipo inversión de un bit		
Función Escalamiento	Escalamiento Lineal		
Función Selección	Selección por método de Ruleta		
Función Migración	Migración tipo pasarela en ambas direcciones		
Población	100 individuos		
Criterio de paro	200 Generaciones		

La gráfica 5.1 muestra en cada generación el valor del $C_{m\acute{a}x}$ alcanzado por la mejor secuencia hasta dicha generación, también muestra en azul el promedio del $C_{m\acute{a}x}$ de los individuos de la generación y el rango de los valores alcanzados.



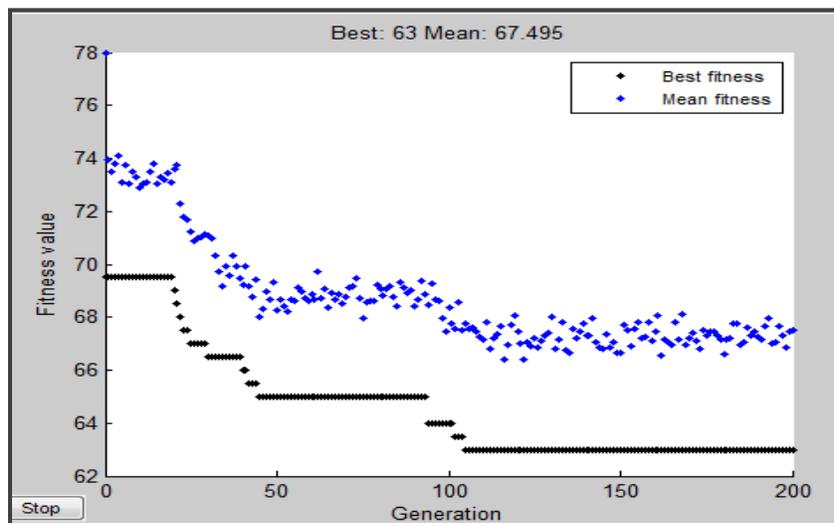
Gráfica 5.1 $C_{m\acute{a}x}$ promedio y Mejor Individuo en Cada Generación

En la tabla 5.2 se muestran los valores arrojados para la simulación de 5 ensayos para 20 actividades y 7 máquinas, los tiempos en que se alcanzó cada uno de los valores del $C_{m\acute{a}x}$, y en negritas el mejor valor alcanzado por el AG.

Tabla 5.2 Resultados de la simulación, parámetros y Funciones del AG

RESULTADOS PARA LA SIMULACIÓN DE 20 ACTIVIDADES Y 7 MÁQUINAS EN UN PROBLEMA DE JSSP			
Ensayo Número	Parámetro alcanzado en generación no.	tiempo corrida	parámetro alcanzado C _{máx}
1	21	35 seg	66
2	180	5 min 7 seg	63.5
3	104	2 min 54 seg	63
4	12	20 seg	68
5	60	1 min 42 seg	64
Parámetro óptimo	63		
Función Evaluación	Con codificación basada en operaciones, generación de secuencias activas.		
Función Cruzamiento	Cruzamiento en dos puntos , genera el 60% de la población		
Función Mutación	Tipo inversión de un bit		
Función Escalamiento	Escalamiento Lineal		
Función Selección	Selección por método de Ruleta		
Función Migración	Migración tipo pasarela en ambas direcciones		
Población	100 individuos		
Criterio de paro	200 Generaciones		

La gráfica 5.2, perteneciente al ensayo no. 3, muestra en cada generación el valor del C_{máx} alcanzado por la mejor secuencia hasta dicha generación, muestra además en azul el promedio del C_{máx} de los individuos de la generación.



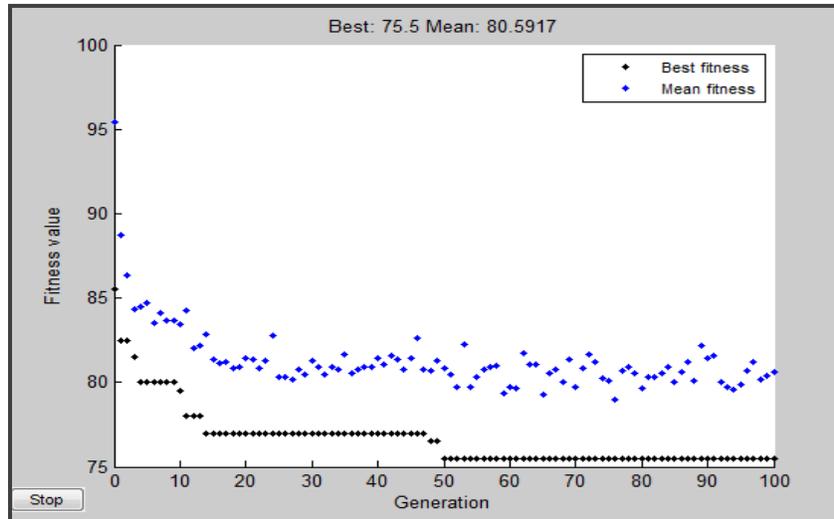
Gráfica 5.2 C_{máx} VS Generaciones

En la tabla 5.3 se muestran los valores arrojados para la simulación de 5 ensayos para 30 actividades y 7 máquinas, los tiempos en que se alcanzó cada uno de los valores del $C_{m\acute{a}x}$, y en negritas el mejor valor alcanzado por el AG.

Tabla 5.3 Resultados de la simulación, parámetros y Funciones del AG

RESULTADOS PARA LA SIMULACIÓN DE 30 ACTIVIDADES Y 7 MÁQUINAS EN UN PROBLEMA DE JSSP			
Ensayo Número	Parámetro alcanzado en generación no.	tiempo corrida	parámetro alcanzado $C_{m\acute{a}x}$
1	90	8 min 54 seg	76.5
2	50	4 min 57 seg	75.5
3	25	2 min 27 seg	77
4	60	5 min 56 seg	78
5	50	4 min 57 seg	77.5
Parámetro óptimo	No conocido		
Función Evaluación	Con codificación basada en operaciones, generación de secuencias activas.		
Función Cruzamiento	Cruzamiento en dos puntos , genera el 60% de la población		
Función Mutación	Tipo inversión de un bit		
Función Escalamiento	Escalamiento Lineal		
Función Selección	Selección por método de Ruleta		
Función Migración	Migración tipo pasarela en ambas direcciones		
Población	100 individuos		
Criterio de paro	200 Generaciones		

La gráfica 5.3, perteneciente al ensayo no. 2 de la tabla 5.3 y muestra en cada generación el valor del $C_{m\acute{a}x}$ alcanzado por la mejor secuencia hasta dicha generación, aparece también en azul el promedio del $C_{m\acute{a}x}$ de los individuos de la generación. En la generación 50 se observa que se alcanzó el valor de 75.5, no mejorando desde esta generación hasta el final de la simulación.



Gráfica 5.3 C_{máx} VS Generaciones

5.2. Comparación de resultados con WinQSB para el JSSP

A continuación se muestra la comparación de los resultados obtenidos anteriormente con el AG desarrollado en este trabajo y los métodos heurísticos utilizados por el programa Win QSB. En la tabla 5.4 se establecen las abreviaturas que se utilizarán para la comparación de los métodos y el AG en la tabla 5.5

Tabla 5.4 Abreviaturas de Métodos

WinQSB							Abreviatura
Heurístico de despacho basado en FCFS (primeras entradas, primeras salidas)							FCFS
Heurístico de despacho basado en MWKR (mas trabajo remanente)							MWKR
Heurístico de despacho CON C _{máx} mínimo como objetivo, ALL HDR (todos los criterios de despacho)							ALL HDR
Generación de <i>n</i> secuencias aleatorias							RAND <i>n</i>
ALGORITMO GÉNÉTICO							AG

Tabla 5.5 Resultados 3 Bases de datos JSSP

	PROBLEMA JSSP 15X7	PROBLEMA JSSP 20X7	PROBLEMA JSSP 30X7
FCFS	78	72	95.5
MWKR	68	73	83.5
ALL HDR	68	69	79
RAND 100	66	69	82.5
RAND 500	66	67.5	79.5
RAND 1000	65	67	79.5
RAND 10000	64	65	78
RAND 50000	64	63.5	77.5
RAND 100000	63.5	63.5	77.5
RAND 200000	63.5	63.5	77.5
AG	63.5	63	75.5

Los resultados del AG superan los resultados que arrojan los métodos heurísticos tradicionalmente utilizados. La secuenciación por la regla de despacho Primeras entradas primeras Salidas fue la que tuvo el peor desempeño.

De los métodos que utiliza *Win QSB* para resolver los problemas de secuenciación para un JSSP, el que arroja en todos los casos mejores resultados, es el método basado en la generación de secuencias aleatorias. En este caso se generaron como tope 200,000 secuencias aleatorias.

El algoritmo solo fue empatado en la primera simulación, siendo este el problema con menor número de posibles soluciones.

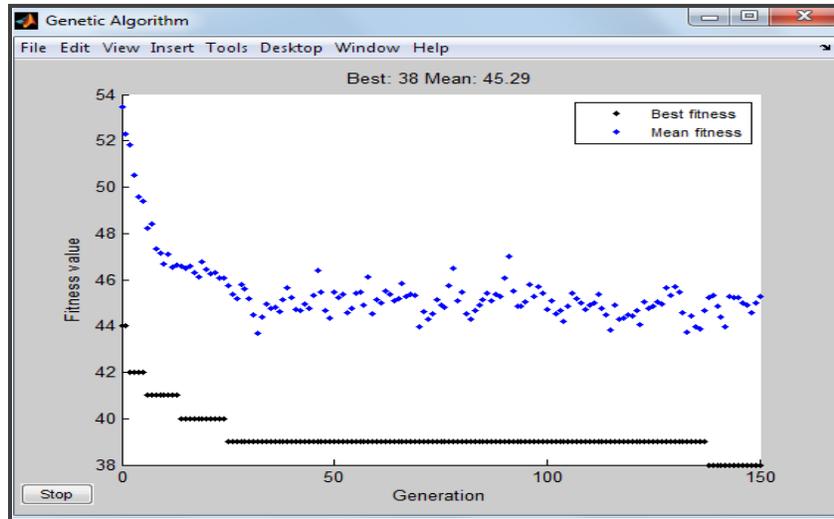
5.3. Resultados de la simulación para el algoritmo genético con codificación para generar secuencias activas para un sistema de producción intermitente flexible

En la tabla 5.6 se muestran los valores arrojados para la simulación de 5 ensayos para un problema de JSS con la asignación de cada tarea a una máquina de entre 2 posibles, es decir, con máquinas paralelas. Estos primeros ensayos para la base el problema con 15 actividades y 7 máquinas. Se muestran los tiempos en que se alcanzó cada uno de los valores del Cmáx, y en negritas el mejor valor alcanzado por el AG.

Tabla 5.6 Resultados de la simulación, parámetros y Funciones del AG para el FJSSP

RESULTADOS PARA LA SIMULACIÓN DE 15 ACTIVIDADES Y 7 MÁQUINAS EN UN PROBLEMA DE JSSP FLEXIBLE			
Ensayo Número	Parámetro alcanzado en generación no.	tiempo corrida	parámetro alcanzado Cmáx
1	20	56 seg	41
2	58	2 min 42 seg	41
3	25	1 min 10 seg	40
4	138	6 min 26 seg	38
5	102	4 min 45 seg	41
Parámetro óptimo	Desconocido		
Función Evaluación	Con codificación basada en operaciones, generación de secuencias activas, con máquinas paralelas		
Función Cruzamiento	Cruzamiento en dos puntos , genera el 60% de la población		
Función Mutación	Tipo inversión de un bit		
Función Escalamiento	Escalamiento Lineal		
Función Selección	Selección por método de Ruleta		
Función Migración	Migración tipo pasarela en ambas direcciones		
Población	100 individuos		
Criterio de paro	150 Generaciones		

La gráfica 5.4, perteneciente al ensayo no. 4 de la tabla 5.6 y muestra en cada generación el valor del Cmáx alcanzado por la mejor secuencia hasta dicha generación, aparece también en azul el promedio del Cmáx de los individuos de la generación. En la generación 138 se observa que alcanzó el valor de 38.



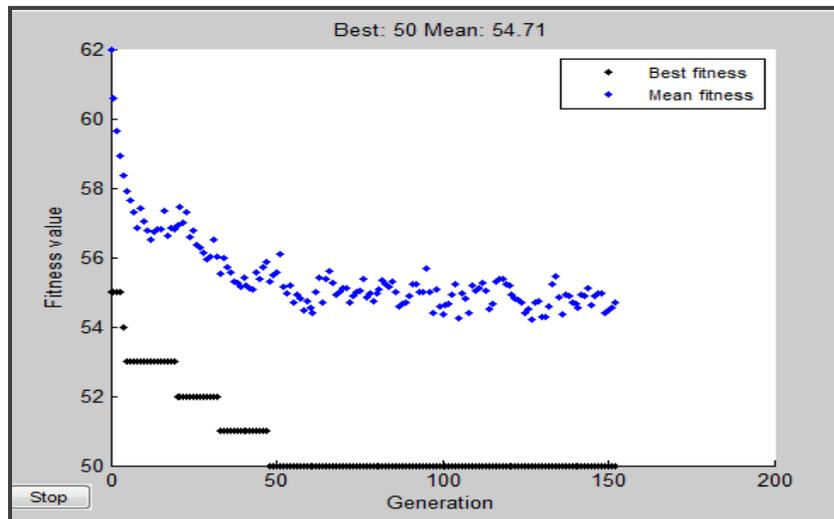
Gráfica 5.4 C_{máx} VS Generaciones

En la tabla 5.7 se muestran los resultados para la simulación del JSSP flexible con 20 actividades y 7 máquinas.

Tabla 5.7 Resultados de la simulación, parámetros y Funciones del AG para el FJSSP

RESULTADOS PARA LA SIMULACIÓN DE 20 ACTIVIDADES Y 7 MÁQUINAS EN UN PROBLEMA DE JSSP FLEXIBLE			
Ensayo Número	Parámetro alcanzado en generación no.	tiempo de corrida	parámetro alcanzado C _{máx}
1	104	2 min 49 seg	52
2	98	2 min 36 seg	51
3	1	10 seg	52
4	50	4 min 9 seg	<u>50</u>
5	1	10 seg	52
Parámetro óptimo	Desconocido		
Función Evaluación	Con codificación basada en operaciones, generación de secuencias activas, con máquinas paralelas		
Función Cruzamiento	Cruzamiento en dos puntos , genera el 60% de la población		
Función Mutación	Tipo inversión de un bit		
Función Escalamiento	Escalamiento Lineal		
Función Selección	Selección por método de Ruleta		
Función Migración	Migración tipo pasarela en ambas direcciones		
Población	Ensayo 3, 4 y 5 con 100 individuos , ensayo 1 y 2 con 30 individuos		
Criterio de paro	150 Generaciones		

La gráfica 5.5, obtenida del ensayo no. 4 de la tabla 5.7 muestra el comportamiento del AG. El mínimo $C_{m\acute{a}x}$ y el $C_{m\acute{a}x}$ promedio obtenido en cada generación.

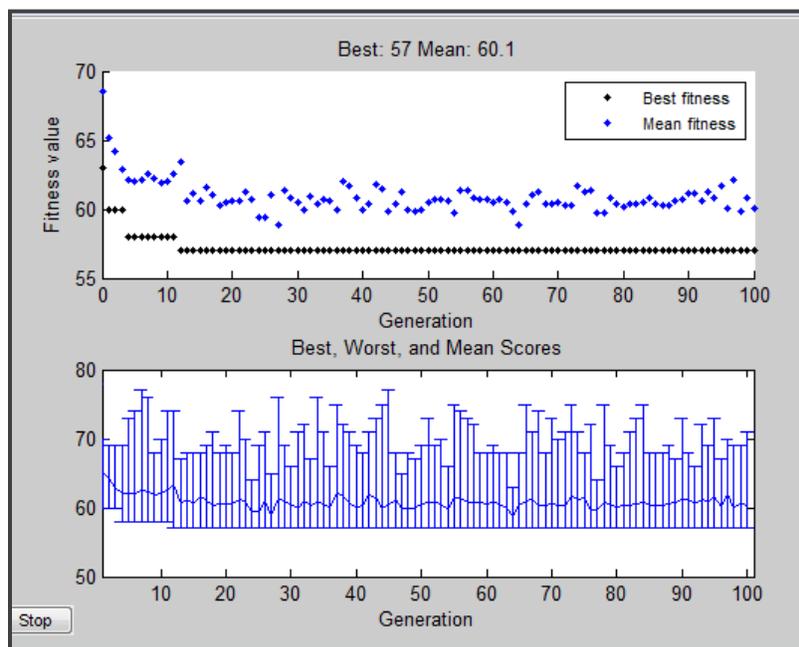


Gráfica 5.5 $C_{m\acute{a}x}$ VS Generaciones

Tabla 5.8 Resultados de la simulación, parámetros y Funciones del AG para el FJSSP

RESULTADOS PARA LA SIMULACIÓN DE 30 ACTIVIDADES Y 7 MÁQUINAS EN UN PROBLEMA DE JSSP FLEXIBLE			
Ensayo Número	Parámetro alcanzado en generación no.	tiempo corrida	parámetro alcanzado $C_{m\acute{a}x}$
1	120	7 min 48 seg	58
2	117	7 min 34 seg	58
3	12	46 seg	57
4	92	6 min	58
5	63	4 min 5 seg	59
Parámetro óptimo	Desconocido		
Función Evaluación	Con codificación basada en operaciones, generación de secuencias activas, con máquinas paralelas		
Función Cruzamiento	Cruzamiento en dos puntos , genera el 60% de la población		
Función Mutación	Tipo inversión de un bit		
Función Escalamiento	Escalamiento Lineal		
Función Selección	Selección por método de Ruleta		
Función Migración	Migración tipo pasarela en ambas direcciones		
Población	30 individuos		
Criterio de paro	200 Generaciones		

En la tabla 5.8 se muestran los resultados para la simulación del JSSP flexible con 30 actividades y 7 máquinas. La gráfica 5.6, perteneciente al ensayo no. 3 de la tabla 5.8 y muestra en cada generación el valor del $C_{m\acute{a}x}$ alcanzado por la mejor secuencia hasta dicha generación, aparece también en azul el promedio del $C_{m\acute{a}x}$ de los individuos de la generación. En la generación número 12 se observa que alcanzó el valor de 57.



Gráfica 5.6 $C_{m\acute{a}x}$ VS Generaciones

5.4. Comparación de resultados con WinQSB para el FJSSP

En la tabla 5.9 se muestra la comparación de los resultados obtenidos anteriormente con el segundo AG desarrollado en este trabajo y los métodos heurísticos utilizados por el programa Win QSB. Las abreviaturas son las mismas que en la tabla 5.4.

Tabla 5.9 Resultados 3 Bases de datos FJSSP

	PROBLEMA FJSSP 15X7	PROBLEMA FJSSP 20X7	PROBLEMA FJSSP 30X7
FCFS	45	54	70
MWKR	41	52	57
ALL HDR	40	51	58
RAND 100	42	53	60
RAND 500	41	52	59
RAND 1000	41	51	59
RAND 10000	40	51	56
RAND 50000	39	50	56
RAND 100000	39	50	56
RAND 200000	39	50	56
AG	38	50	57

El algoritmo para estas tres simulaciones con la posibilidad de asignación a máquinas paralelas no se desempeñó como el anterior.

Para la primera base de datos fue donde mostró su mejor desempeño en comparación con el mejor resultado obtenido por medio de *WinQSB*.

Para la segunda base de datos solo alcanzó para empatar el mejor de los resultados de *WinQSB*, que lo obtuvo como en las anteriores situaciones mediante la búsqueda de secuencias aleatorias. Es en la tercera base de datos donde se obtuvo un mejor resultado con la generación aleatoria de secuencias y no gracias al AG.