

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD. JUÁREZ
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



**APLICACIÓN DE ALGORITMOS GENÉTICOS CON REGLAS DE DECISIÓN EN
EL BALANCEO DE LÍNEAS EN FORMA DE U ESTOCÁSTICO**

TESIS

QUE PRESENTA

DEMETRIO FERMAN ALVAREZ

**COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

CD. JUÁREZ, CHIH.

JUNIO DE 2023

Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

Ciudad Juárez, Chihuahua, **22/marzo/2023**

Oficio N°: DEPI/014/2023

Asunto: Autorización de Impresión de Tesis

**C. DEMETRIO FERMÁN ÁLVAREZ
CANDIDATO(A) AL GRADO DE MAESTRO(A) EN
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
P R E S E N T E.**

Por este conducto, tengo el agrado de comunicarle que el Comité Tutorial asignado a su trabajo de tesis titulado **"APLICACIÓN DE ALGORITMOS GENÉTICOS CON REGLAS DE DECISIÓN EN EL BALANCEO DE LÍNEAS EN FORMA DE U ESTOCÁSTICO"** ha informado a esta División de Estudios de Posgrado e Investigación, que está de acuerdo con el trabajo presentado. Por lo anterior se le autoriza se proceda con la **IMPRESIÓN DEFINITIVA DE SU TRABAJO DE TESIS.**

Esperando que el logro del mismo sea acorde con sus aspiraciones profesionales, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica



**EDUARDO RAFAEL POBLANO OJINAGA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



C.c.p. Departamento de Servicios Escolares
División de Estudios Profesionales

ERPO/dmsp



**EDUARDO RAFAEL POBLANO OJINAGA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
P R E S E N T E.**

Por medio de la presente se hace constar que la tesis denominada "**APLICACIÓN DE ALGORITMOS GENÉTICOS CON REGLAS DE DECISIÓN EN EL BALANCEO DE LÍNEAS EN FORMA DE U ESTOCÁSTICO**", presentado por el(la) alumno(a) **C. DEMETRIO FERMÁN ÁLVAREZ** con número de control **M20112714**, para obtener el grado de Maestro(a) en el programa de Maestría en Ingeniería Industrial, ha sido revisada y aprobada en su forma y contenido por los suscritos, por lo que no existe ningún inconveniente para la impresión de la misma.

Se extiende la presente constancia a petición de él(la) interesado(a) y para los fines legales que a él(ella) convengan, en Ciudad Juárez, Chihuahua, a los veintidós días del mes de marzo del año dos mil veintitrés.

ATENTAMENTE

"Excelencia en Educación Tecnológica"

**ULISES MARTÍNEZ CONTRERAS
DIRECTOR**

**MIRELLA PARADA GONZÁLEZ
CO-DIRECTORA**

**ARTURO WOOCAY PRIETO
REVISOR**

**ADÁN VALLES CHÁVEZ
REVISOR**

C.c.p. División de Estudios de Posgrado e Investigación
Alumno(a)



Av. Tecnológico 1340 Fracc. El Crucero C.P. 32500 Cd. Juárez, Chihuahua. Tel. 01 (656) 688-2500
e-mail: comunicación_y_difusión@cdjuarez.tecnm.mx | tecnm.mx | cdjuarez.tecnm.mx



2023
Francisco
VILLA

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia, los cuales han sido los principales impulsores de mi vida.

Dedicado a mi Director de tesis el Profesor Ulises Martínez Contreras que siempre me apoyó guiándome por el camino para concluir este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia por todo el apoyo brindado a lo largo de este camino que he caminado para llegar a este logro.

Gracias hijo Mateo Ferman Reyes por impulsarme día a día.

Gracias esposa Cindy Reyes Ayala por motivarme en todo momento y siempre apoyarme incondicionalmente.

Gracias a mi Madre y Padre gracias a ustedes he seguido siempre adelante, ustedes siempre se han esforzado y sacrificado por mi porvenir, definitivamente este logro ha sido gracias a ustedes.

Gracias dios por permitirme tener vida y un gran espíritu para seguir transitando en el ámbito profesional y seguir siempre mejorando como persona.

Agradezco de manera muy especial a mi Director de Tesis el Profesor Ulises Martínez Contreras por darme la oportunidad de ser parte de uno de sus trabajos de investigación y poder desarrollar mi proyecto de investigación. Gracias por todo su aporte y esfuerzo profesional que siempre me ayudaron a corregir y obtener mejores ideas, gracias por tomarse el tiempo de atender mis dudas y darme más claridad permitiéndome ampliar mi conocimiento, gracias a usted he podido llevar a cabo este logro tan importante en mi carrera profesional.

Agradezco a todos mis profesores de la Maestría, por transmitir su sabiduría, por su paciencia, tolerancia y por todo su apoyo para guiarme profesionalmente de la manera correcta para concluir mi proyecto.

Gracias compañeros de clases por todos esos momentos de estudio, de convivencia y por sus consejos que fueron de gran ayuda en este camino.

RESUMEN

El presente trabajo realiza la evaluación del desempeño de un Algoritmo Genético de codificación directa utilizado para el balanceo de líneas en forma de U tipo 1 con tiempos de tareas estocásticos. El balanceo de líneas en forma de U tipo 1 consiste en minimizar el número de estaciones de trabajo cuando el tiempo de ciclo ya ha sido determinado. Este algoritmo utiliza técnicas metaheurísticas mediante algoritmos genéticos con reglas heurísticas, que pueden ayudar resolver el problema de balanceo de líneas en forma de U tipo 1 estocástico.

Para realizar esta evaluación se utilizaron problemas de la literatura los cuales han sido utilizados por otros investigadores de este campo.

Actualmente la mayoría de investigaciones acerca del problema de balanceo de líneas de ensamble consideran que los tiempos de las tareas son determinados. Sin embargo, en los procesos de fabricación siempre existe la posibilidad de obtener variaciones en los procesos, estas variaciones conllevan a tener variaciones en los tiempos de las tareas, lo cual conlleva a abordar este tipo de problemas desde un enfoque estocástico.

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	X
LISTA DE FIGURAS	XII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
2.1 Descripción del Problema	4
2.2 Preguntas de Investigación.....	5
2.3 Hipótesis de Investigación	6
2.4 Objetivos de la Investigación	6
2.5 Justificación de la Investigación	7
2.6 Delimitación de la Investigación.....	8
3. MARCO TEÓRICO	9
3.1 Teoría de Complejidad Computacional	9
3.1.1 Algoritmo.....	9
3.1.2 Máquina de Turing.....	10
3.1.3 Complejidad de los Problemas.....	10
3.2. Algoritmos Genéticos	13
3.2.1 Representacion de un Algoritmo Genetico	15
3.2.2 Población Inicial	15
3.2.3 Función de Aptitud	15
3.2.4 Selección	16
3.2.5 Reproducción o Cruza.....	16
3.2.6 Mutación	17

3.3. Las líneas de Ensamble y el Balanceo	18
3.3.1 Línea de Ensamble	18
3.3.2 Balanceo de la Línea de Ensamble	20
3.3.3 Conceptos en el Balanceo de las Líneas de Ensamble.....	20
3.3.4 Clases de Problemas de Balanceo de Líneas de Ensamble.....	21
3.3.4.1 Problema Simple (SALBP).....	22
3.3.4.2 Problema General (GALBP).....	23
3.4 Reglas Heurísticas para Resolver el UALBP-1.	24
3.4.1 Asignacion de Tareas a Estaciones de Trabajo.....	29
3.5 Algoritmo de Codificación Indirecta para Resolver el UALBP-1.....	29
3.5.1 Reproducción	29
3.5.2 Cruce	29
3.5.3 Mutación	31
3.5.4 Decodificación	31
3.6 Algoritmo de Codificación Directa para Resolver el UALBP-1.	35
3.6.1 Codificación.....	35
3.6.1.1 Diagrama Isomórfico	35
3.6.2 Población Inicial	37
3.6.3 Decodificación	37
3.6.4 Evaluación.....	38
3.6.5 Reproducción	39
3.6.6 Cruce	39
4. MATERIALES Y MÉTODOS	42
4.1 Algoritmo de Codificación Directa Modificado para Resolver el UALBP-1 Estocástico.	42
4.1.1 Decodificación	44
4.1.2 Proceso de Solución del Algoritmo	45
4.2 Solución Computacional	50

4.3 Media y Varianza	53
4.3.2 Generación de la Varianza	53
5. RESULTADOS	57
5.1 Problemas de Evaluación	57
5.2 Análisis de Resultados	60
5.2.1 Prueba de Medias para dos Muestras Independientes	61
5.2.2 Estaciones de Trabajo (WS) en Baja Varianza	62
5.2.3 Tiempo Computacional (CPT) en Baja Varianza	66
5.2.4 Estaciones de Trabajo (WS) en Alta Varianza	70
5.2.5 Tiempo Computacional (CPT) en Alta Varianza	74
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS	80
ANEXOS	83
ANEXO 1 Diagramas de Precedencia	84
ANEXO 2 Datos para el Algoritmo Alta Varianza	87
ANEXO 3 Datos para el Algoritmo Baja Varianza	94
ANEXO 4 Resultados para el Algoritmo Alta Varianza	101
ANEXO 5 Resultados para el Algoritmo Baja Varianza	145

+

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Problemas ya Establecidos por el Autor: Adil Baykasoglu en su Artículo “Balanceo de Línea-U Estocástico Utilizando Algoritmos Genéticos”	5
Tabla 3.1 Clasificación de las Tareas para el Problema de Jackson (1962)	26
Tabla 3.2 Pesos de las Tareas para el Problema de Jackson (1962)	27
Tabla 3.3 Proceso de Asignación de Tareas para el Problema de Jackson (1962) Utilizando la Regla Heurística # 2	28
Tabla 3.4 Población Inicial Martínez y Duff (2004).....	33
Tabla 3.5 Proceso de Asignación de Tareas para el Problema de Jackson (1962) Utilizando el Cromosoma # 16	34
Tabla 3.6 Población para el Problema de Jackson (1962)	41
Tabla 3.7 Proceso de Asignación de Tareas para el Problema de Jackson (1962) Utilizando el Cromosoma 1	41
Tabla 4.1 Cromosoma para el Diagrama de Precedencia para una Línea Estocástica tipo U de 14 Tareas	46
Tabla 4.2 Datos de Prueba del Problema.	46
Tabla 4.3 Solución del Problema con el Cromosoma Seleccionado	47
Tabla 4.4 Media del Tiempo de Tarea para el Problema de Mertens (1967)	54
Tabla 4.5 Resultados Baja Varianza para la Varianza Calculada.....	55
Tabla 4.6 Resultados Alta Varianza para la Varianza Calculada	55
Tabla 4.7 Resultados Aleatorios para la Varianza	56
Tabla 4.8 Datos para el Algoritmo.....	56
Tabla 5.1 Resultados del Desarrollo Computacional del Algoritmo Baja Varianza	58
Tabla 5.2 Resultados del Desarrollo Computacional del Algoritmo Alta Varianza.....	59
Tabla 5.3 Comparación de Resultados para Alta y Baja Varianza	60
Tabla 5.4 Hipótesis	62
Tabla 5.5 Resultados para las Estaciones de Trabajo del Algoritmo Baja Varianza.....	63
Tabla 5.6 Resultados Existentes para las Estaciones de Trabajo Baja Varianza	64
Tabla 5.7 Resultados para el Tiempo Computacional del Algoritmo Baja Varianza	67
Tabla 5.8 Resultados Existentes para el Tiempo Computacional Baja Varianza	68
Tabla 5.9 Resultados para las Estaciones de Trabajo del Algoritmo Alta Varianza	71
Tabla 5.10 Resultados Existentes para las Estaciones de Trabajo Alta Varianza	72
Tabla 5.11 Resultados para el Tiempo Computacional del Algoritmo Alta Varianza	75

Tabla 5.12 Resultados Existentes para el Tiempo Computacional Alta Varianza 76

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Comportamiento de Soluciones en Tiempo Polinomial y Exponencial	11
Figura 3.2 Clasificación de los Problemas NP	12
Figura 3.3 Representación de un Cromosoma	15
Figura 3.4 Proceso de Cruce de Individuos	17
Figura 3.5 Proceso de Mutación de Individuos	18
Figura 3.6 Línea Tradicional Recta y Línea Tipo U	19
Figura 3.7 Diagrama de Precedencia	21
Figura 3.8 Diagrama de Precedencia Típico con Tiempos de Tareas y Tiempo de ciclo (Jackson 1962)	25
Figura 3.9 Padres Cruzados	30
Figura 3.10 Hijos Resultantes	30
Figura 3.11 Ejemplo de Mutación	31
Figura 3.12 Decodificación de un Algoritmo Genético Codificado Indirectamente	31
Figura 3.13 Diagrama de Precedencia del Problema de Jackson (1962)	36
Figura 3.14 Representación Isomórfica del Problema de Jackson (1962)	37
Figura 3.15 Diagrama Isomórfico en Forma de U	37
Figura 3.16 Padres Cruzados	39
Figura 3.17 Hijos Resultantes	40
Figura 4.1 Diagrama de Precedencia para una Línea estocástica Tipo U de 14 Tareas ...	46
Figura 4.2 Proceso del Algoritmo	51
Figura 4.3 Solución Computacional del Algoritmo	52
Figura 5.1 Area para $Z = 0.766$	66
Figura 5.2 Área para $Z = -2.367$	70
Figura 5.3 Área para $Z = 0.804$	74
Figura 5.4 Área para $Z = -4.658$	78

1. INTRODUCCIÓN

En los procesos productivos industriales existen infinidad de operaciones que son desarrolladas directamente por el ser humano, cada asignación de estas debe estar balanceada acorde a las diferentes necesidades del proceso productivo. Es importante tener un balanceo de líneas adecuado para cumplir con las demandas estimadas del producto con todos sus requerimientos definidos para un proceso.

Es importante definir la correcta asignación de recurso a los procesos de fabricación, para lograr un equilibrio que ayude a encontrar la forma de minimizar costos, mantener la calidad y usar el tiempo eficientemente. El balanceo de línea contribuye estos propósitos, ya que su fin es el de asegurar un flujo continuo y uniforme de los productos, acomodando las operaciones en estaciones de tal forma que se equilibren los tiempos. (Orejuela 2019)

Originalmente, las líneas de ensamble fueron diseñadas para obtener eficiencia de los costos en la producción en masa de artículos estandarizados, en ambientes que por lo general trabajan contra inventario y que buscan maximizar la eficiencia del sistema. Inicialmente, las líneas de ensamble presentaban limitaciones en otros entornos más dinámicos, sin embargo, nuevas formas de balance de línea han surgido y estas permiten tener mucha más flexibilidad, lo cual facilita su uso en otros ambientes de fabricación. (Orejuela 2019)

La distribución de las líneas de montaje se puede realizar de dos maneras lineal y tipo U. Las ventajas de las líneas tipo U son muy conocidas en la industria. Ofrecen una productividad y una calidad mejoradas, y se consideran una de las mejores técnicas para implementar sistemas Just-In-Time (JIT). Existe un creciente interés en la literatura para organizar líneas de montaje tradicionales como líneas en U para mejorar el rendimiento. El equilibrio de la línea de montaje tipo U es una extensión del problema tradicional de

equilibrio de la línea, en el que las tareas se pueden asignar desde ambos lados del diagrama de precedencia. Aunque existen muchos estudios en la literatura para el diseño de líneas de ensamblaje rectas tradicionales, el trabajo en líneas tipo U es limitado. (Baykasoğlu 2006)

La heurística y metaheurística son de vital importancia en el desarrollo de métodos para la solución de problemas en el balanceo de líneas de montaje o producción, gracias a estos métodos es posible solucionar problemas complejos de balanceo que no pueden ser solucionados por métodos convencionales.

Las metaheurísticas operan mediante algoritmos, salvo que no son algoritmos de orden común, son especiales; básicamente porque no se rigen por un patrón predictivo, ni causal ni tampoco organizado; más bien es aleatorio: el algoritmo adquiere su “forma óptima” a través de itinerancias o pruebas que aproximan la solución, por ejemplo, mediante métodos de búsqueda basados en gradientes (Kuo & Zulvia 2015). Los algoritmos más conocidos en metaheurística son, los algoritmos genéticos, la búsqueda tabú, ACO (algoritmo de colonia de hormigas, por sus siglas en inglés), recocido simulado (simulated annealing) PSO (partículas de optimización de enjambre, por sus siglas en inglés), y en forma común sirven para el mismo propósito general, tratar de recorrer el espacio de soluciones sin quedar “atrapados” en una zona. (Maldonado 2016)

Los algoritmos genéticos pertenecen al grupo de las denominadas técnicas metaheurísticas, útiles cuando se pretende resolver problemas de optimización para los cuales las técnicas exactas no resultan eficientes o no son aplicables. Las técnicas metaheurísticas, a diferencia de las heurísticas, poseen mecanismos para escapar de soluciones óptimas locales en su intento por encontrar la solución óptima global. Esto a pesar de que ninguna técnica metaheurística garantiza el óptimo global del problema. Comparadas con las heurísticas, las metaheurísticas encuentran soluciones muy superiores, con esfuerzos computacionales mayores pero aceptables desde el punto de vista práctico. (Gallego 2015)

Fueron desarrollados originalmente por J. Holland (1995), los algoritmos genéticos son algoritmos con la capacidad de aprender, que constituye el rasgo más determinante en la evolución de cualquier sistema vivo o que exhiba vida. Esta técnica de búsqueda usa una

población de soluciones que son manipuladas independientemente. Este algoritmo fue construido con base en los principios de la teoría de la evolución de Ch. Darwin. Desde su introducción, esta técnica de búsqueda ha sido usada en una variedad de disciplinas y hay investigaciones sustanciales para identificar su aplicación práctica. “Las poblaciones”, son listas que surgen del principio de la supervivencia del más capaz; cuando el algoritmo se inicia, una población es creada aleatoriamente; usando la población existente, una nueva generación es creada usando operadores genéticos, tales como, cruce, mutación y reproducción. Idealmente, a medida que el algoritmo progresa, las soluciones van mejorando y las soluciones óptimas, pueden alcanzarse a lo largo del tiempo. El nombre de algoritmo genético, no quiere decir que incorpore, células o ADN, como podría pensarse, sino, lo que significa es que se basa en el lenguaje biológico, y más específicamente evolutivo, en sus conceptos y lógicas, para emular su comportamiento, salvo que en un entorno distinto: el virtual. (Maldonado 2016)

La presente investigación se desarrolla dentro del enfoque estocástico en el balanceo de líneas tipo U. Los algoritmos genéticos dado que son métodos más eficientes, nos brindan más opciones de posibles soluciones al problema de balanceo de líneas tipo U estocástico.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Descripción del Problema

El balanceo de líneas es importante en la actividad industrial, consiste en la asignación de operaciones de trabajo en una línea de producción, para esto deben de cumplir las siguientes reglas: 1) Ninguna restricción de precedencia se debe ser violada. 2) No hay estación de trabajo en la línea de producción que tarde más de un ciclo de tiempo predefinido para realizar todas las tareas que se le asignen. 3) Que sea el menor número de estaciones de trabajo que se necesiten para llevar a cabo todas las actividades en conjunto. (Salveson ME 1955).

Existen y se han propuesto diferentes métodos heurísticos para solucionar el problema de balanceo de línea de montaje debido a su complejidad computacional y dificultad para identificar una solución óptima. Sin embargo, el modelo básico de balanceo de líneas no considera una serie de realidades que derivan en variabilidad en los tiempos de procesamiento de las tareas. La implementación de un sistema de fabricación Just-In-Time generalmente implica el reemplazo de líneas de montaje rectas tradicionales con líneas en forma de U. (Baykasoğlu, 2006) Un tema importante en el problema del balanceo de la línea U es la variabilidad en los tiempos de ejecución de las tareas debido a factores humanos o diversas interrupciones esto genera el problema de balanceo de líneas tipo U estocástico.

2.2. Preguntas de Investigación

Preguntas iniciales de investigación.

La adaptación de los algoritmos genéticos con reglas de decisión ¿cambiará el número de estaciones de trabajo respecto a los problemas ya establecidos por el autor: Adil Baykasoglu en su artículo “Balanceo de línea-U estocástico utilizando algoritmos genéticos”?

El rendimiento de los algoritmos genéticos con reglas de decisión ¿será mejor que el establecido por el autor: Adil Baykasoglu en su artículo “Balanceo de línea-U estocástico utilizando algoritmos genéticos”?

La tabla 2.1 muestra los problemas ya establecidos por el autor: Adil Baykasoglu en su artículo “Balanceo de línea-U estocástico utilizando algoritmos genéticos”:

Tabla 2.1 Problemas ya Establecidos por el autor: Adil Baykasoglu en su Artículo “Balanceo de línea-U Estocástico Utilizando Algoritmos Genéticos”

Problem set	No. of tasks	Cycle Time	$K_{\alpha} = 1.96$			$K_{\alpha} = 1.645$			$K_{\alpha} = 1.28$		
			L bound	Solution	CPU time	L bound	Solution	CPU time	L bound	Solution	CPU time
Mertens	7	8	No feasible solution			No feasible solution			5	5(5)	6.172(0.07)
		10	4	5(5)	0.1(1.48)	4	5(5)	0.18(3.90)	4	5(5)	0.14(3.83)
		15	3	3(3)	0.13(0.06)	3	3(3)	0.125(0.13)	3	3(3)	0.11(0.04)
Bowman	8	18	2	3(3)	0.09(0.10)	2	3(3)	0.078(0.18)	2	2(2)	0.075(0.05)
		20	5	6(6)	7.12(1.89)	5	6(6)	0.171(7.12)	5	6(6)	0.2(8.43)
		9	8	6	7(7)	0.922(3.05)	6	7(7)	0.531(4.61)	6	7(7)
Jaeschke	9	10	5	7(7)	0.125(101.74)	5	7(7)	0.219(55.14)	5	7(7)	0.187(50.22)
		18	3	3(3)	0.234(0.11)	3	3(3)	0.175(0.13)	3	3(3)	0.3(0.12)
		11	10	No feasible solution			No feasible solution			6	7(7)
Jackson	11	13	5	5(5)	2.04(1.26)	5	5(5)	0.985(1.67)	4	5(5)	1.402(2.43)
		14	4	5(5)	0.891(10.62)	4	5(5)	0.25(1.77)	4	5(5)	0.772(17.77)
		21	3	3(3)	0.766(0.06)	3	3(3)	0.187(0.11)	3	3(3)	0.31(0.09)
Mitchell	21	21	6	8(8)	0.344(32,791.40)	6	7(7)	0.231(822.35)	6	7(7)	0.516(738.35)
		26	5	6(6)	0.782(204.89)	5	6(6)	0.344(62.64)	5	5(5)	1.89(116.32)
		35	4	4(4)	5.468(45.08)	4	4(4)	0.562(2.40)	4	4(4)	0.281(1.85)
Heskiaoff	28	39	4	4(4)	0.174(0.20)	4	4(4)	0.235(2.00)	3	4(4)	0.344(0.20)
		205	6	8(8)	0.547	6	7(7)	1.641(22,587.20)	6	7(7)	0.437(290.00)
		216	6	7(7)	1.976(536.21)	6	7(7)	0.563(494.62)	6	6(6)	5.593(434.14)
Killbridge	45	256	5	6(6)	0.48(36.54)	5	6(6)	0.53(44.23)	5	5(5)	1.453(29.22)
		324	4	5(5)	0.691(33.61)	4	4(4)	0.328(5.55)	4	4(4)	0.531(2.46)
		342	4	4(4)	0.531(1.57)	4	4(4)	0.657(1.01)	4	4(4)	0.18(1.29)
Killbridge	45	92	7	8	0.61	7	8	5.547	7	8	0.594
		110	6	7	0.609	6	7	0.984	6	6	4.14
		138	5	6	0.782	5	6	0.39	5	5	0.797
		184	4	4	0.593	4	4	0.781	4	4	0.593

2.3. Hipótesis de Investigación

Hipótesis de investigación.

En base a las preguntas de investigación podemos plantear las siguientes hipótesis:

H1 La solución generada con la adaptación de los algoritmos genéticos con reglas de decisión generará un número igual o mayor de estaciones de trabajo respecto a los problemas establecidos por el autor: ¿Adil Baykasoglu en su artículo “Balanceo de línea-U estocástico utilizando algoritmos genéticos”?

Comparar los datos resultantes con los del artículo.

H2 Los tiempos computaciones de las soluciones optimas con la adaptación los algoritmos genéticos con reglas de decisión ¿será igual o mejor que el establecido por el autor: Adil Baykasoglu en su artículo “Balanceo de línea-U estocástico utilizando algoritmos genéticos”?

Comparar los datos resultantes con los del artículo.

2.4. Objetivos de la Investigación

El objetivo general de esta investigación es utilizar los problemas ya establecidos por el autor: Adil Baykasoglu en su artículo “Balanceo de línea-U estocástico utilizando algoritmos genéticos” (“*Stochastic U-line balancing using genetic algorithms*”). Para hacer una comparación con el balanceo de líneas estocásticas (probabilísticos) dando un enfoque de optimización para adaptar el algoritmo publicado por: “Utilización de metaheurística para resolver problemas de balanceo de líneas en forma de U, utilizando algoritmos genéticos con reglas de decisión” (Martinez, 2015), que utiliza varias reglas heurísticas, que pueden ayudar resolver cualquier problema de balanceo de líneas al

proporcionar una o más soluciones buenas y en algunos casos óptimas, las cuales se pueden aplicar a cualquier proceso.

Los objetivos específicos serán:

- Ajustar el algoritmo genético de codificación directa para resolver los problemas estocásticos del artículo publicado por (Baykasoğlu, 2006).
- Realizar un análisis estadístico experimental de los resultados y se hará una comparación entre sí, para comprobar si es capaz de dar una o más soluciones que sean mejores a la existente, buscando balancear la línea con la menor cantidad recursos humanos posible.

2.5. Justificación de la Investigación

Las soluciones brindadas con la adaptación de los algoritmos genéticos con reglas de decisión” (Martínez, 2015), generarán una nueva alternativa de solución al problema de balanceo de líneas estocástico. Las nuevas alternativas serán evaluadas y comprobadas para demostrar si son las óptimas a los problemas de este tipo.

Tomando en cuenta que la administración de la producción está relacionada directamente con los sistemas de producción eficientes, esta nueva alternativa se agregará a las diferentes metodologías de algoritmos genéticos que existen para la solución de problemas de balanceo de líneas tipo U.

En las compañías manufactureras la mayoría de las veces se opta por realizar balanceos de líneas de manera empírica tomando en cuenta la experiencia dando como resultado líneas de producción ineficientes. La simulación de algoritmos genéticos con reglas de decisión permite desarrollar sistemas de análisis complejos, sin necesidad de tener una línea real de producción en funcionamiento, las simulaciones se pueden realizar cuantas veces sean necesario hasta que se logren los resultados óptimos.

2.6. Delimitación de la Investigación

El trabajo de investigación se llevará a cabo utilizando específicamente los problemas ya establecidos por el autor: Adil Baykasoglu en su artículo “Balanceo de línea-U estocástico utilizando algoritmos genéticos” (“*Stochastic U-line balancing using genetic algorithms*”). Se adaptará el algoritmo publicado por: “Utilización de metaheurística para resolver problemas de balanceo de líneas en forma de U, utilizando algoritmos genéticos con reglas de decisión” (Martínez, 2015), para resolver los problemas del artículo citado. Los problemas serán simulados hasta llegar a los resultados óptimos, posteriormente serán comparados con los resultados del artículo citado.

La simulación de los algoritmos genéticos estará limitada a la capacidad de software actual.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Teoría de Complejidad Computacional

La ciencia de la Computación se sustenta en dos áreas básicas: los conceptos fundamentales subyacentes al cálculo que trajo como consecuencia la existencia de funciones probablemente no calculables o computables, por otra parte, las técnicas de ingeniería para el diseño de sistemas de computación basadas en técnicas de diseño de algoritmos. (Cortez 2004)

3.1.1 Algoritmo

Un proceso computacional, también llamado proceso algorítmico o algoritmo, es fundamental para la ciencia de la Computación, puesto que un computador no puede ejecutar un problema que no tenga una solución algorítmica. Evaluar la eficiencia de los algoritmos tiene mucho que ver con evaluar la complejidad de estos.

La Teoría de la Complejidad Computacional es la parte de la teoría de la computación que estudia los recursos requeridos durante el cálculo para resolver un problema. Un cálculo resulta complejo si es difícil de realizar. En este contexto podemos definir la complejidad de cálculo como la cantidad de recursos necesarios para efectuar un cálculo. Así, un cálculo difícil requerirá más recursos que uno de menor dificultad. Los recursos comúnmente estudiados son el tiempo (número de pasos de ejecución de un algoritmo para resolver un problema) y el espacio (cantidad de memoria utilizada para resolver un problema). Un algoritmo que resuelve un problema pero que tarda mucho en

hacerlo, difícilmente será de utilidad. Igualmente, un algoritmo que necesite un gigabyte de memoria no será probablemente utilizado. Si un cálculo requiere más tiempo que otro decimos que es más complejo y lo llamamos complejidad temporal. Por otro lado, si un cálculo requiere más espacio de almacenamiento que otro decimos que es más complejo, en este caso hablamos de una complejidad espacial. (Cortez 2004)

3.1.2 Máquina de Turing.

En 1935, el matemático y lógico inglés Alan Mathison Turing (1912-1954) se interesó en el problema de decisión de Hilbert, que preguntaba si podría existir un método general aplicable a cualquier enunciado, para determinar si éste era verdadero. El enfoque de Turing lo llevó a pensar lo que ahora se conoce como la máquina de Turing. (Cortez 2004)

La máquina de Turing, es una máquina autómatas artesanal que se utiliza para clasificar los problemas de acuerdo con el tipo de máquina de Turing que puede existir para resolverlos, y es el principal modelo computacional que soporta la “teoría de la complejidad de los problemas. (Cruz, Moreno, Peralta 2014)

3.1.3 Complejidad de los Problemas

La tarea de encontrar un algoritmo que resuelva con pocos recursos un problema no es lo que realmente importa; el inconveniente es saber si existe una solución o no a esta problemática presentada y qué tan compleja resultará su solución.

Para saber el grado de complejidad que puede tener un problema, nos apoyamos en el modelo computacional de la máquina de Turing, con el cual se obtiene una clasificación de los problemas con base en el grado de complejidad inherente para resolverlos. El modelo computacional de Turing clasifica los problemas por el grado de complejidad para resolverlos. A través de este modelo se han detectado problemas intratables, clasificados como NP (nondeterministic polynomial time), que se piensa son imposibles de resolver en

un tiempo razonable cuando el número de variables que los componen es una cantidad extremadamente grande. (Cruz, Moreno, Peralta 2014)

Dentro de este grupo de problemas NP se encuentran dos subconjuntos de problemas: Problemas P, para los cuales existe una máquina de Turing determinista que los puede resolver en tiempo polinómico. Esto indica que existe un algoritmo determinista con complejidad polinomial que los puede resolver. Se consideran como la clase de problemas de reconocimiento relativamente sencillos, aquellos para los que existen algoritmos eficientes o exactos. Los NP-completos, no existe una máquina de Turing determinista que pueda resolverlos en tiempo polinómico. Estos problemas NP son aquellos cuya solución, hasta la fecha, no se ha resuelto de manera exacta por medio de algoritmos deterministas en tiempo polinomial. En su lugar, se tratan de resolver por algoritmos no deterministas acotados en tiempo polinomial, cuya solución deseable sea de complejidad polinomial. Esta clase de algoritmos se conoce como “heurísticas computacionales”, en la figura 3.1 se muestra la diferencia entre una solución obtenida en tiempo polinomial y una en tiempo exponencial. (Cruz, Moreno, Peralta 2014)

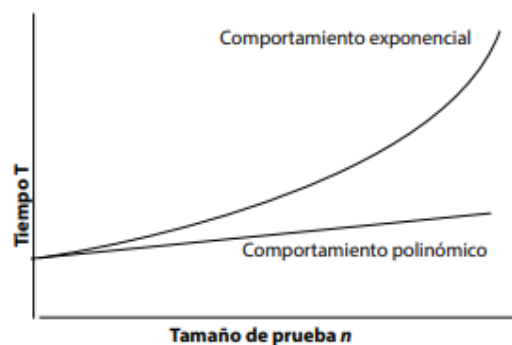
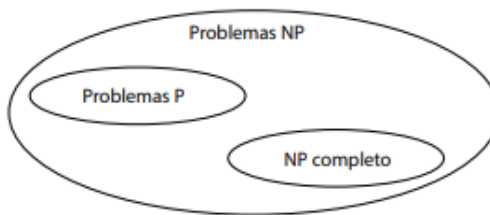


Figura 3.1 Comportamiento de Soluciones en Tiempo Polinomial y Exponencial

Acerca de por qué los problemas P están incluidos dentro de los considerados difíciles de resolver NP, esto es porque los algoritmos no determinísticos usados para los problemas NP y NP-completo, también pueden usarse en los problemas P; pero no es posible, en caso contrario, que un algoritmo determinístico que resuelva un problema P en

tiempo polinomial también pueda resolver un NP. De ser esto cierto, entonces tendríamos que $P=NP$. Cualquier problema de decisión P resuelto por un algoritmo determinístico en tiempo polinomial, también puede ser resuelto por un algoritmo no determinístico en el mismo tiempo. La figura 3.2 muestra la clasificación de los problemas con base en la complejidad para resolverlos, a partir del modelo de Turing. El esfuerzo necesario para resolver un problema de forma eficiente puede variar enormemente. Un problema muy complejo se denomina “NP-completo” si su solución requiere de una cantidad significativa de recursos computacionales sin importar el algoritmo utilizado, lo cual significa que es imposible encontrar un algoritmo eficiente que compruebe que se alcanzó la mejor solución. De ahí el uso de algoritmos heurísticos no determinísticos acotados en tiempo polinomial para este tipo de problemas. (Cruz, Moreno, Peralta 2014)



Fuente: Papadimitriou y Steiglitz¹³

Figura 3.2 Clasificación de los Problemas NP

El impacto de esta teoría en la investigación computacional es significativo porque permite determinar el grado de complejidad de un problema para ser resuelto, así como saber si se puede encontrar un algoritmo eficiente para el problema, o bien, tratarlo por el camino de las heurísticas. (Cruz, Moreno, Peralta 2014)

De acuerdo con la teoría de la complejidad y apoyándose en la figura 3.2, si el problema se puede clasificar como P, entonces se podría hacer uso, encontrar o desarrollar algoritmos eficientes que comprueben si obtienen la mejor solución para dicho problema. En caso de que el problema estuviera clasificado como NP o NP-completo, entonces se perdería el tiempo tratando de encontrar algoritmos eficientes. En lugar de eso, el camino

más adecuado es trabajar con heurísticas computacionales, por lo que solo quedaría tratar de proponer nuevas heurísticas de baja complejidad. (Cruz, Moreno, Peralta 2014)

En el ámbito internacional, se han enfocado al estudio de la complejidad computacional investigadores como Gilbert Laporte, en Francia; Christos H. Papadimitriou, en Grecia; Kenneth Steiglitz, en Estados Unidos, entre otros. En la UAEM, el Cuerpo Académico de Optimización y Software¹⁶ ha diseñado y aplicado heurísticas computacionales en las cuales la teoría de la complejidad ha permitido que los algoritmos propuestos sean eficientes en cuanto al uso de recursos. Con ello se han obtenido soluciones para problemas planteados en tiempos computacionales rápidos y aceptables para el uso que se les da. (Cruz, Moreno, Peralta 2014)

3.2. Algoritmos Genéticos

Los algoritmos genéticos hacen parte de las denominadas técnicas evolutivas, originalmente propuestas en los años 50, las cuales tienen una estructura básica común: realizan reproducción, realizan variaciones aleatorias, promueven la competición y ejecutan selección de individuos de una población dada. Siempre que estos cuatro procesos están presentes, sea en la naturaleza o en una simulación computacional, la evolución es el producto resultante.

En la simulación computacional, los algoritmos genéticos, al igual que las demás técnicas evolutivas, simulan un proceso de selección natural para obtener la solución de problemas de optimización. En este caso, el problema a ser resuelto hace el papel del medio ambiente, y cada individuo de la población está asociado a una solución candidata. De esta manera, un individuo va a estar más adaptado al ambiente siempre que corresponda a una solución más eficaz para el problema. (Gallego 2015)

La ventaja más significativa de la computación evolutiva es la posibilidad de resolver problemas a través de las simples descripciones matemáticas que deben estar

presentes en la solución, no siendo necesario indicar explícitamente los pasos que se deben seguir para obtener el resultado, los cuales serán específicos en cada caso. De esta forma, la computación evolutiva debe ser entendida como un conjunto de técnicas y procedimientos genéricos y adaptables, para ser aplicados en la solución de problemas complejos, para los cuales otras técnicas conocidas son ineficaces o no son aplicables. (Gallego 2015)

Los algoritmos evolutivos tienen dos propiedades fundamentales. Primero, son técnicas basadas en una población de individuos; segunda, los individuos que conforman a la población están en constante comunicación y compartiendo información a través de operadores de reproducción y mutación. (Esparza 2009)

3.2.1 Representación de un Algoritmo Genético.

Una población está formada por varios individuos, los cuales generalmente son representados mediante una cadena binaria llamada “cromosoma”, y donde a cada bit de dicha cadena se le conoce como “gen”. La cadena por la cual son representados los individuos de una población no tiene que ser necesariamente de longitud fija, pues existen individuos que quizá requieran menos bits para ser representados que otros, aunque en muchas ocasiones por simplicidad se considera la misma longitud para todos los individuos de la población para evitar problemas al momento de la implementación. (Esparza 2009)

A la codificación que recibe un determinado individuo y que representa a los cromosomas, se denomina genotipo, mientras que el fenotipo consiste en interpretar la codificación del cromosoma de manera que pueda ser evaluado en la función de aptitud. La figura 3.3 muestra la representación de un cromosoma.

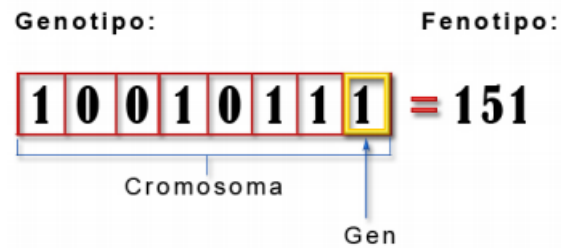


Figura 3.3 Representación de un Cromosoma

3.2.2. Población Inicial

Antes de iniciar con el proceso iterativo del algoritmo genético, se debe crear una población inicial, lo más común es generar aleatoriamente cada uno de los individuos y cada uno de los genes que componen a los cromosomas, siempre y cuando el valor que representen se encuentre dentro del espacio de búsqueda.

3.2.3. Función de Aptitud

La función de aptitud es aquella que nos dice si un individuo es más o menos apto para sobrevivir a la siguiente generación. El diseño de una función de aptitud es de suma importancia dentro de un algoritmo genético, pues en ella se basa la construcción de las nuevas generaciones, entonces si desde un inicio está mal diseñada, encontrar el óptimo resultara bastante complicado. (Esparza 2009)

3.2.4. Selección

La selección es el proceso en el que ciertos individuos son elegidos para generar una nueva población, con el objetivo de que la nueva generación de individuos sea mejor que la anterior. El operador de selección es de gran importancia para el algoritmo genético, En esta etapa es necesario el uso de métodos probabilísticos para garantizar una selección adecuada.

3.2.5. Reproducción o Cruza

La reproducción es el proceso en el cual uno o más hijos son creados a partir de los padres escogidos en el proceso de selección. El método de cruce más popular es aquel en el que dos padres producen dos hijos. Para esto se elige un punto de cruce de manera aleatoria entre el primero y el último bit de los cromosomas de los padres; los bits a la izquierda del punto de cruce del padre1 son copiados a la parte izquierda del punto de cruce del hijo1, mientras que los bits a la izquierda del punto de cruce del padre2 pasan a la izquierda del punto de cruce del hijo2. Una vez hecho esto, los bits a la derecha del punto de cruce del padre1 conforman los bits de la parte derecha del punto de cruce del hijo2, y por último, los bits a la derecha del padre2 son copiados a la derecha del punto de cruce del hijo1. De esta manera los hijos formados contienen información de ambos padres. El proceso es ilustrado en la figura 3.4. (Esparza 2009)

Al combinar la información de dos individuos, existe una buena posibilidad de obtener una mejoría en la población y acercarse a la solución del problema de optimización. Una variante del operador de reproducción es utilizar varios puntos de cruce, en donde los hijos son generados por la combinación de varios segmentos extraídos de los cromosomas de ambos padres. (Esparza 2009)

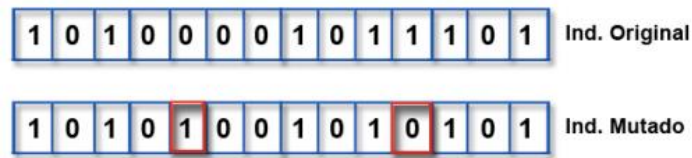


Figura 3.5 Proceso de Mutación de Individuos

Es conveniente tener un balance entre cada uno de los operadores para obtener un buen funcionamiento del algoritmo genético y poder solucionar de manera correcta el problema planteado. Cada uno de los operadores (selección, reproducción y mutación), deben ser diseñados cuidadosamente y de manera individual para que el algoritmo funcione de la mejor manera posible y no enfocarse solo en uno, ya que el proceso evolutivo está conformado por varios factores y necesita de la participación de cada uno de ellos para desarrollarse de manera óptima. (Esparza 2009)

3.3. Las líneas de Ensamble y el Balanceo

3.3.1 Línea de Ensamble

Consisten en un número de estaciones de trabajo que se disponen a través de un equipo de manejo de materiales donde se asignan las tareas, y las piezas de trabajo se mueven de una estación a otra hasta que se produce el producto final. Las estaciones de trabajo están equipadas con todas las máquinas necesarias y con operarios calificados para realizar tareas específicas sin violar el tiempo de ciclo, que representa el tiempo entre dos unidades consecutivas producidas en la línea de montaje basado en un plan de producción específico. (Salama, Abdelhalim and Eltawil 2017)

Desde el primer día que Henry Ford introdujo la línea de montaje para una producción en masa, se han realizado investigaciones para desarrollar la forma óptima de

asignar todas las tareas a estaciones de trabajo. La asignación óptima de todas las tareas a las estaciones de trabajo se le conoce como: Problema de balanceo de la Línea de ensamble (ALBP). (Salama, Abdelhalim and Eltawil 2017)

Línea de ensamble recta o tradicional. La línea de ensamble recta o tradicional dispone las tareas sobre de una línea de producción recta y estas se realizan de manera secuencial, es decir, únicamente se pueden realizar aquellas tareas cuyos predecesores han sido realizados.

Línea de ensamble tipo U. Una línea ensamble tipo U dispone las tareas alrededor de una línea de producción en forma de U y las organiza en estaciones que pueden cruzar de un lado a otro de la línea. Además de mejorar la visibilidad y la comunicación entre los operarios de la línea, lo que facilita la resolución de problemas y la mejora de la calidad, las líneas en U pueden reducir el número total de operarios necesarios en la línea y facilitan el equilibrio de la línea en comparación con la línea de producción tradicional recta.

En la figura 3.6 se muestra un ejemplo de una línea tradicional recta y una línea tipo U. (Martínez and Duff 2004)

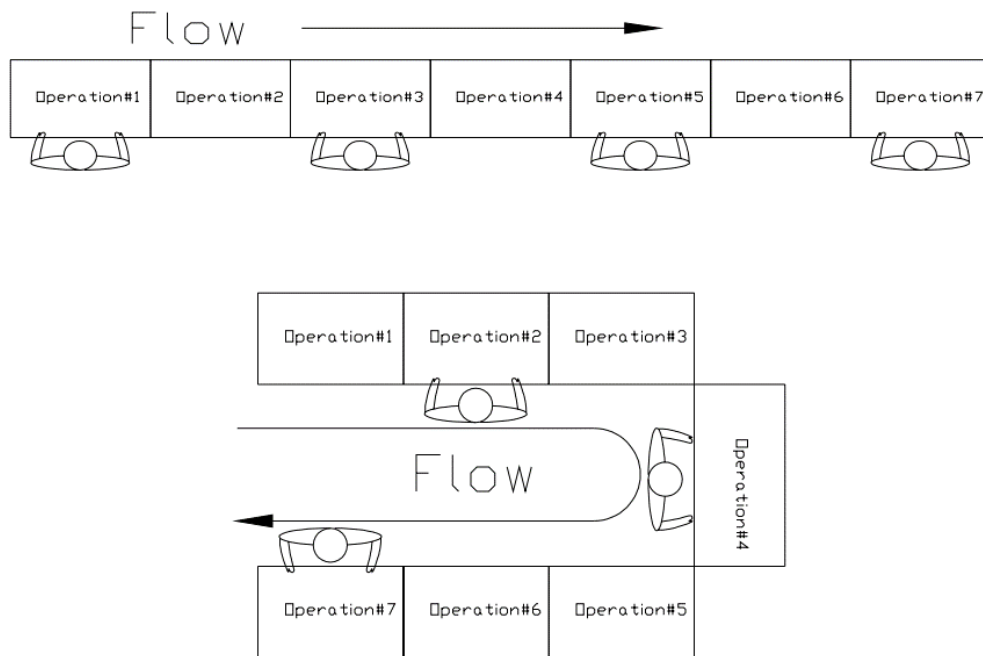


Figura 3.6 Línea Tradicional Recta y Línea Tipo U

3.3.2 Balanceo de la Línea de Ensamble

El balanceo de la línea de ensamble consiste en distribuir las tareas necesarias para ensamblar un producto a través del conjunto de estaciones que conforman la línea de ensamble, esta distribución de las tareas en las estaciones de trabajo se hace siguiendo un objetivo, puede ser maximizar la eficiencia de la línea, o minimizar el tiempo ocioso o minimizar el número de estaciones requeridas en la línea de ensamble. (Restrepo 2010)

3.3.3 Conceptos en el Balanceo de las Líneas de Ensamble

Tarea. Es el elemento más pequeño e indivisible de la carga total de trabajo.

Estación de trabajo. Es una ubicación en la línea de flujo de trabajo donde se realizan las tareas.

Tiempo de tarea. Es el tiempo requerido para realizar la operación o la tarea.

Tiempo de ciclo. Es el tiempo máximo que el producto puede ser procesado en cada estación.

Relaciones de precedencia. Es la representación del orden en que las tareas deben ser realizadas.

Diagrama de precedencia. Es una representación gráfica de las relaciones de precedencia entre las tareas. Contiene nodos que representan cada tarea y flechas las cuales visualizan la relación de precedencia de las tareas, el tiempo de la tarea se muestra en la parte derecha superior de cada nodo. En la figura 3.7 se muestra el diagrama de precedencia con diez tareas; la tarea 5 solamente se puede realizar después de que se hayan realizado la tarea 1 y la tarea 3 (Becker & Scholl, 2006).

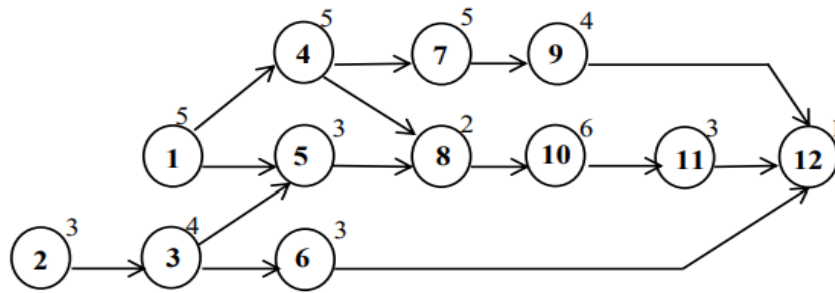


Figura 3.7 Diagrama de Precedencia

3.3.4 Clases de Problemas de Balanceo de Líneas de Ensamble.

Un problema de balanceo de línea está compuesto por una función objetivo y un conjunto de restricciones. (Restrepo 2010)

Una solución factible de un problema de balanceo de línea de ensamble debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Cada tarea se debe asignar exactamente a una estación
- Se debe cumplir por completo con las relaciones de precedencia.
- La suma de los tiempos de las tareas de cada estación no debe exceder el tiempo de ciclo, para todas las estaciones.

El problema de balanceo de línea de ensamble (ALBP) se divide en dos categorías, los SALBPs, que son problemas simples de balanceo de línea, en los que se consideran pocas variables de entrada desconocidas para reducir la complejidad de este; y los GALBPs, problemas generales de balanceo de línea de ensamble, que estudian casos más reales y complejos que se presentan en la industria. (Restrepo 2010)

3.3.4.1 Problema Simple (SALBP)

Los SALBP contienen los problemas de balanceo más simples y se caracterizan por: consideran líneas simples, sólo se consideran restricciones de precedencia, se asume que las tareas son indivisibles, los tiempos de proceso de las tareas son considerados independientes de la estación y del orden de proceso, los tiempos de proceso de las tareas son determinísticos y conocidos a priori, así como todos los parámetros de entrada, la línea es sincrónica, se tiene un tiempo de ciclo (o un número de estaciones) fijo, la arquitectura de la línea es serial con todas las estaciones igualmente equipadas para realizar cualquiera de las tareas y la tasa de entrada de las piezas a la línea es fija. (Restrepo 2010)

Se distinguen cuatro casos de SALBP:

SALBP-1: Consiste en asignar un conjunto de tareas a las estaciones de tal forma que se minimice el número de estaciones, dado un tiempo de ciclo (o tasa de producción). Este caso se presenta habitualmente cuando un nuevo sistema de montaje va a ser instalado y la demanda externa puede ser estimada.

SALBP-2: Este problema busca lo contrario del problema anterior, es decir, se busca minimizar el tiempo de ciclo (o maximizar la tasa de producción), dado un Número de estaciones fijo. Se considera que la línea de montaje ya existe.

SALBP-E: maximiza la eficiencia E de la línea, es decir, minimiza el producto de m (número de estaciones) por c (tiempo de ciclo).

SALBP-F: consiste en determinar si existe alguna solución factible para la combinación de un número m de estaciones y un tiempo de ciclo c ; es decir, se quiere conocer si la línea puede operar con m estaciones y un tiempo de ciclo c dados. No se busca minimizar ni maximizar ningún valor. (Restrepo 2010)

3.3.4.2 Problema General (GALBP)

Se distinguen cuatro casos de GALBP:

UALBP: U-line assembly line balancing problem (problema de equilibrado de líneas tipo U). Los UALBP están caracterizados de manera similar a los problemas SALBP pero consideran una línea tipo U en lugar de una serial. Las líneas tipo U se consideran líneas más flexibles que las líneas tipo serial, según Scholl y Becker, en los SALBP únicamente se pueden asignar aquellas tareas cuyos predecesores han sido asignados. Las estaciones pueden ser colocadas de tal manera que, durante el mismo tiempo de ciclo, se puedan manejar a la vez dos piezas en diferentes posiciones de la línea. Esto implica que hay un mayor número de posibilidades de asignar las tareas a las estaciones, lo que resulta, en algunos casos que el problema se pueda resolver de manera más eficiente que cuando se tiene una línea simple. De manera similar a los problemas simples SALBP, se distinguen los problemas UALBP-1, UALBP-2 (Problema de balanceo de líneas en forma de U tipo 1 y 2 respectivamente) y UALBP-E, en donde se busca minimizar el número de estaciones, minimizar el tiempo de ciclo y maximizar la eficiencia de la línea U, respectivamente. (Restrepo 2010)

MALBP: mixed-model assembly line balancing problem (problema de equilibrado de líneas de modelos mixtos). Este tipo de problemas se presentan cuando se consideran varios modelos de un mismo producto y, por lo tanto, se tiene un conjunto de tareas básicas que se realizan en todos los modelos sin considerar tiempos de Setup. En este caso, también se tiene el problema de secuenciación de los diferentes modelos, así como el problema de determinar el tamaño de los lotes de cada modelo; la secuenciación puede ser importante dado que los tiempos de tareas entre modelos pueden variar significativamente. También se tienen las versiones MALBP-1, MALBP-2 y MALBP-E. (Restrepo 2010)

RALBP: robotic assembly line balancing problem (problema de equilibrado de líneas robotizadas). En este tipo de problemas se considera tanto la asignación de las tareas como la asignación de un grupo de robots a las estaciones de trabajo, con la finalidad de optimizar la realización de las tareas en la línea. (Restrepo 2010)

MOALBP: multi-objective assembly line balancing problem (problema de equilibrado de líneas con objetivos múltiples). En este tipo de problemas se consideran varios objetivos simultáneamente como, por ejemplo: minimizar el número de estaciones, el coste total de montaje o el número de buffers; maximizar la eficiencia de línea, etc. La mayoría de los problemas de equilibrado de líneas consideran múltiples objetivos.

3.4 Reglas Heurísticas para Resolver el UALBP-1.

En la literatura se pueden encontrar muchos enfoques heurísticos para resolver el SALBP.

Martínez and Duff (2004) adoptaron diez reglas heurísticas para encontrar solución al UALBP-1. Todas estas reglas heurísticas se usaron previamente para resolver el SALBP. Sin embargo, se hicieron algunas modificaciones para permitirles trabajar para el UALBP. En las reglas heurísticas originales, se podía asignar una tarea solo si se habían asignado todos sus predecesores. Sin embargo, en las reglas heurísticas modificadas, se puede asignar una tarea si se han asignado todos los predecesores o sucesores de una tarea determinada. Esto permite que las tareas se asignen siguiendo el diagrama de precedencia de izquierda a derecha, pero también de derecha a izquierda. (Martínez and Duff 2004)

A continuación, se presentan las diez reglas heurísticas utilizadas por Martínez and Duff (2004) para resolver el UALBP.

1. El peso posicional clasificado modificado, Miltenburg y Wijngaard (1994),
2. Máximo Número total de tareas de seguimiento o tareas de precedencia.
3. Número total mínimo de tareas de seguimiento o tareas de precedencia,
4. Tiempo máximo de tarea,
5. Tiempo mínimo de tarea,

6. Número máximo de seguidores inmediatos o tareas de precedencia inmediata,
7. Número mínimo de seguidores inmediatos o tareas de precedencia inmediata.
8. Límite superior de la línea U mínima,
9. Límite inferior de la línea U mínima
10. Holgura mínima de la línea en U.

3.4.1 Asignación de Tareas a Estaciones de Trabajo

Una ilustración de este proceso de asignación utiliza la regla heurística 2: Número total máximo de tareas de seguimiento o tareas de precedencia y el problema de Jackson (1962).

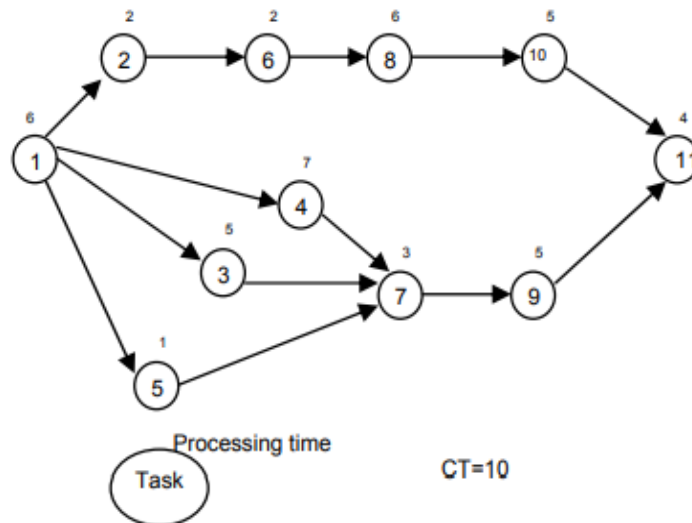


Figura 3.8 Diagrama de Precedencia Típico con Tiempos de Tareas y Tiempo de Ciclo (Jackson 1962)

Tabla 3.1 Clasificación de las Tareas para el Problema de Jackson (1962)

Heuristic Rules	Operations										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. U-line Maximum Ranked Positional Weight	1	5	6	5	9	8	3	7	2	4	1
2. U-line Maximum Total Number of Follower Tasks or Precedence Tasks	1	3	4	4	4	4	3	4	2	3	1
3. U-line Minimum Total Number of Follower Tasks or Precedence Tasks	1	2	2	2	2	3	3	3	2	2	1
4. Maximum Task Time	2	6	3	1	7	6	5	2	3	3	4
5. Minimum Task Time	6	2	5	7	1	2	3	6	5	5	4
6. Maximum Number of Immediate Followers or Immediate Precedence Tasks	1	3	3	3	3	3	1	3	3	3	2
7. U-line Minimum Number of Immediate Followers or Immediate Precedence Tasks	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
8. Minimum U-line Upper Bound	1	3	3	3	3	3	2	3	2	2	1
9. Minimum U-line Lower Bound	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1
10. U-line Minimum Slack	1	4	3	3	4	4	2	4	3	3	1

Tabla 3.2 Pesos de las Tareas para el problema de Jackson (1962)

Heuristic Rules	Operations										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. U-line Maximum Ranked Positional Weight	46	19	17	19	13	15	22	16	27	21	46
2. U-line Maximum Total Number of Follower Tasks or Precedence Tasks	10	4	3	3	3	3	4	3	5	4	10
3. U-line Minimum Total Number of Follower Tasks or Precedence Tasks	0	1	1	1	1	2	2	2	1	1	0
4. Maximum Task Time	6	2	5	7	1	2	3	6	5	5	4
5. Minimum Task Time	6	2	5	7	1	2	3	6	5	5	4
6. Maximum Number of Immediate Followers or Immediate Precedence Tasks	3	1	1	1	1	1	3	1	1	1	2
7. U-line Minimum Number of Immediate Followers or Immediate Precedence Tasks	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
8. Minimum U-line Upper Bound	7	10	10	10	10	10	9	10	9	9	7
9. Minimum U-line Lower Bound	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1
10. U-line Minimum Slack	6	9	8	8	9	9	7	9	8	8	6

Las tareas asignables para la primera estación son $V = \{1,11\}$. Dado que el peso máximo de la tarea 1 es igual a 10 y el peso máximo de la tarea 11 es igual a 10. El empate se puede romper utilizando el tiempo máximo de tarea, el tiempo de la tarea 1 es igual a 6 y el tiempo de la tarea 11 es igual a 4, se asigna la tarea 1, entonces $V = \{11,2,4,3,5$. Como la tarea 11 tiene la prioridad más alta y el tiempo de ciclo restante suficiente, también se asigna a la estación de trabajo 1. El proceso de asignación restante se describe en la tabla 3.3. (Martínez and Duff 2004)

Tabla 3.3 Proceso de asignación de tareas para el problema de Jackson (1962) utilizando la regla heurística # 2.

Station	V	Will fit station	Rank	Assigned	Time left in station
1	1 11 2 3 4 5 11	1 11 2 5 11	1 1 3 4 1	1 11	4 0
2	2 3 4 5 9 10 2 3 4 5 7 10	2 3 4 5 9 10 2 3 5 7 10	3 4 4 4 2 3 3 4 4 3 3	9 10	5 0
3	2 3 4 5 7 8 2 3 4 5 8 3 4 5 6 8	2 3 4 5 7 8 2 3 4 5 8 3 5 6	3 4 4 4 3 4 3 4 4 4 4 4 4 4	7 2 3	7 5 0
4	4 5 6 8 5 6 8 5 8	4 5 6 8 5 6 5	4 4 4 4 4 4 4	4 6 5	3 1 0
5	8	8	4	8	4

3.5 Algoritmo de Codificación Indirecta para Resolver el UALBP-1.

En este algoritmo genético codificado indirectamente, cada gen del cromosoma representa una regla heurística y la longitud del cromosoma puede variar. Esto se debe a que los genes no representan las tareas en sí mismos, sino que proporcionan reglas sobre cómo se asignarán. (Martínez 2015)

Una forma de obtener soluciones mejoradas usando estas reglas heurísticas es usar varias reglas simultáneamente para romper los lazos durante el proceso de asignación de tareas. Se puede hacer con la implementación de un algoritmo genético. Los algoritmos genéticos son algoritmos de búsqueda basados en la mecánica de la selección natural y la genética natural. Hay tres operadores básicos que se encuentran en cada algoritmo genético: reproducción, cruce y mutación. (Martínez 2015)

3.5.1 Reproducción

El proceso de selección se realiza partiendo de una población de cromosomas ordenados según su valor de aptitud (número de estaciones de trabajo) e índice de suavidad. En este paso del proceso, se selecciona el porcentaje de cromosomas a los que se aplicará la operación de cruce, así como los cromosomas que pasarán a la siguiente generación antes del proceso de mutación. (Martínez 2015)

3.5.2 Cruce

La idea de crear nuevas generaciones de cromosomas a través de operaciones genéticas es encontrar mejores soluciones que las de la población inicial. En pocas palabras, el cruce consiste en seleccionar dos cromosomas padres y combinar sus

características para producir nuevos cromosomas secundarios. El número de cromosomas hijo producidos es igual al número de padres involucrados en el cruce. (Martínez 2015)

Se seleccionan 2 cromosomas padres de igual longitud y se seleccionan dos puntos de cruce que son representados por líneas discontinuas como se muestra en la figura 3.9.

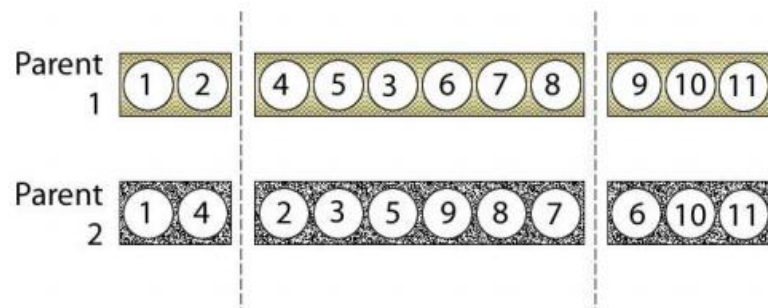


Figura 3.9 Padres Cruzados.

Para crear los cromosomas del hijo, se deben intercambiar las partes medias de los dos padres. Los hijos resultantes se muestran en la figura 3.10.

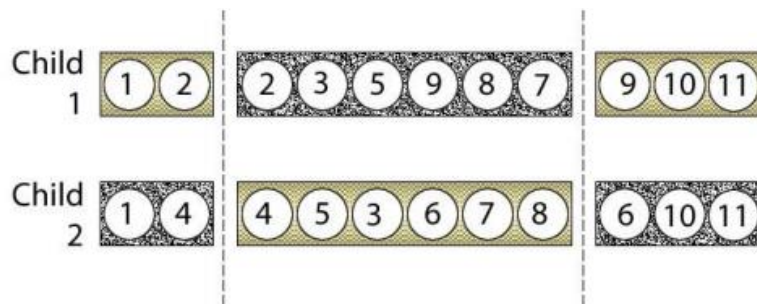


Figura 3.10 Hijos Resultantes

Estos hijos son similares a sus padres en que conservan las partes inicial y final del cromosoma. El propósito de este método es buscar soluciones que sean similares a las de los cromosomas parentales. La búsqueda de cromosomas que se ajusten mejor probablemente resultará en otra solución óptima, pero este no es siempre el caso. (Martínez 2015)

3.5.3 Mutación

La mutación es una operación que se aplicará a cada cromosoma que se seleccionó previamente para mutar. Su propósito es diversificar la población para que las soluciones no provengan siempre de los mismos rasgos. Esto permite una búsqueda más amplia de todos los cromosomas posibles. El gen en el que se muta un cromosoma se selecciona al azar. El lugar donde se reemplazará este gen también se selecciona al azar. El resto del cromosoma se conserva como estaba antes. Un ejemplo de esto se muestra en la Figura 3.11.

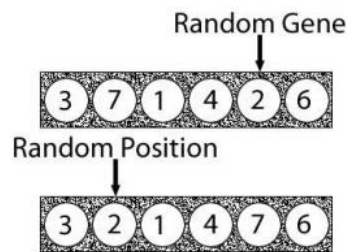


Figura 3.11 Ejemplo de Mutación

3.5.4 Decodificación

Un algoritmo genético codificado indirectamente consiste en cromosomas compuestos por genes que representan una regla heurística. Por ejemplo, en el cromosoma que se muestra en la Figura 3.12, cada gen no dice qué tarea asignar, sino que indica qué regla heurística usar para asignar una tarea. (Martínez 2015)

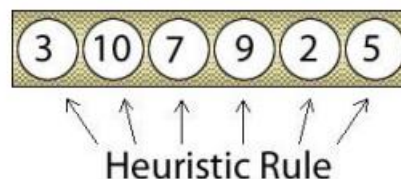


Figura 3.12 Decodificación de un Algoritmo Genético Codificado Indirectamente

Las tareas se asignan a las estaciones de trabajo de acuerdo con el diagrama de precedencia y utilizando la regla heurística especificada. Si se produce un empate entre las tareas seleccionadas, se utilizará el siguiente gen hasta que los empates ya no prevalezcan. Sin embargo, si no se puede resolver un empate, todo el cromosoma no es apto y se le debe asignar un valor de aptitud bajo. Este proceso continúa hasta que se hayan asignado todas las tareas.

Para este algoritmo genético se utilizan los siguientes pasos (basados en el método propuesto por Ponnambalam, Aravindan y Mogileswar (2000)) para el LBP simple adaptado al LBP en forma de U. También se utilizan las diez reglas heurísticas utilizadas por Martínez (2015) para resolver el UALBP. La población que se utilizara es la propuesta por Martínez y Duff (2004) y se muestra en la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Población Inicial Martínez y Duff (2004)

Chromosomes	Genes									
1	10	6	3	3	9	3	6	3	2	8
2	9	8	10	3	10	10	5	8	9	2
3	7	2	5	10	6	4	4	7	5	1
4	2	9	2	7	3	7	7	9	5	8
5	8	8	5	8	6	10	7	7	4	10
6	9	1	4	3	7	7	1	7	4	8
7	10	8	6	3	10	6	6	5	3	10
8	6	4	9	2	3	8	8	9	10	8
9	6	8	4	1	2	2	6	1	3	4
10	7	2	10	3	8	3	5	4	4	7
11	2	1	5	8	6	10	4	6	5	8
12	4	1	4	7	5	3	7	7	6	3
13	8	5	5	7	5	10	9	5	8	5
14	2	2	8	4	2	7	2	7	4	4
15	3	9	6	3	3	8	4	10	9	7
16	3	4	5	4	4	6	4	9	2	1
17	7	2	2	3	7	5	6	3	9	8
18	4	4	3	7	6	8	6	2	4	5
19	7	2	5	10	5	3	8	2	5	1
20	5	6	10	5	5	7	2	3	2	9

1. Obtenga los datos necesarios para el LBP: número de tareas, número de tarea, tiempo de ciclo y relación de precedencia.
2. Inicialice la población al azar. Cada gen de un cromosoma representa una regla heurística; aquí el cromosoma tiene una longitud de 10 debido a que se están usando 10 reglas heurísticas.
3. Paso a paso, asigne la tarea a las estaciones de trabajo utilizando el número de regla heurística representado por los genes. Si ocurre un empate, siga con el siguiente gen hasta que se rompa el empate. Continúe hasta que se agoten todos los genes. Si durante cualquier momento del proceso de asignación de tareas no se puede romper el vínculo después de que se hayan agotado todos los genes, asigne valores bajos de aptitud a ese cromosoma para que no se considere para la próxima generación. Del mismo modo, asigne la tarea a las estaciones de trabajo utilizando los cromosomas restantes.

El problema de Jackson (1962) y el cromosoma 16 de la población inicial se utilizan para ilustrar el procedimiento.

En la tabla 3.5 se muestra la solución al problema LBP en forma de U utilizando algoritmos de codificación indirecta.

Tabla 3.5 Proceso de Asignación de Tareas para el Problema de Jackson (1962) Utilizando el Cromosoma # 16.

Chromosome # 16						
Stations	v	will fit station	Rank	Rule used	Assigned	Time left in station
1	1,11	1,11	1,1	3		
			2,4	4	1	4
	2,3,4,5,11	2,5,11	2,1,4	5	5	3
	2,3,4,11	2	6	4	2	1
	3,4,6,11	Ninguna				
2	3,4,6,11	3,4,6,11	3,1,6,4	4	4	3
	3,6,11	6	3	6	6	1
	3,8,11	Ninguna				
3	3,8,11	3,8,11	3,2,4	4	8	4
	3,10,11	11	1	9	11	0
4	3,9,10	3,9,10	4,2,3	2	9	5
	3,7,10	3,7,10	6,3,4	1	7	2
	3,10	Ninguna		3		
5	3,10	3,10	3,3	4		
			5,5	5		
			3,3	4		
			3,3	4		
			3,3	6		
			3,3	4		
			2,1	9	10	5
3	3	4	2	3	0	

3.6 Algoritmo de Codificación Directa para Resolver el UALBP-1.

El algoritmo genético de codificación directa se alimenta con datos de entrada específicos para cada problema. Cada problema tiene su propio número de tareas, tiempos de tareas, restricciones de precedencia y tiempos de ciclo. El algoritmo genético de codificación directa difiere del algoritmo de codificación indirecta en que el algoritmo directo no tiene el número de genes como variable; el número de genes que utiliza es el número de tareas que tiene el problema específico. Una vez aplicados estos datos, se genera una población inicial. Ahora comienza la búsqueda de un cromosoma ideal, un cromosoma que genera una solución con el número óptimo teórico de estaciones de trabajo. Si no se encuentra dicho cromosoma, se genera una nueva población utilizando los operadores genéticos: selección padre-hijo (reproducción), cruce, mutación y evaluación. (Martínez 2015)

3.6.1 Codificación

El primer paso para construir un algoritmo genético es definir una representación genética, denominada codificación. El esquema de codificación utilizado por Martínez (2015) es una codificación entera presentada por Yow-YuhLeu et al. (1994) para el SLBP directo. Cada cromosoma representa una posible solución al SLBP. Cada tarea se enumera secuencialmente en el orden en que se asignará a las estaciones de trabajo, un proceso conocido como representación orientada a una secuencia. Cada gen del cromosoma contiene el número de tarea que representa. (Martínez 2015)

3.6.1.1 Diagrama Isomórfico

El cromosoma es representado por un gráfico lineal isomorfo o diagrama isomórfico denominado de esta manera en la teoría de gráficos. El diagrama isomórfico

contiene la misma configuración respecto a precedencia relacionada al diagrama original, es decir, el diagrama isomórfico es equivalente al diagrama de precedencia, este diagrama se utiliza para construir un cromosoma.

El método utilizado para construir una secuencia aleatoria válida de genes en el cromosoma (diagrama isomórfico) es el siguiente:

Paso 1: Generar un cromosoma vacío con un número de genes igual al número de tareas.

Paso 2: Seleccionar un conjunto de tareas que no tenga precedencia.

Paso 3: Seleccionar una tarea disponible de manera aleatoria y agregarla al cromosoma.

Paso 4: Eliminar del conjunto de tareas sin precedencia la tarea seleccionada.

Paso 5: Agregar todas las tareas sucesoras inmediatas a la tarea agregada siempre y cuando todos sus predecesores ya estén en el cromosoma.

Paso 6: Si aún existen tareas sin asignar regresar al paso 3, de lo contrario terminar el cromosoma.

En las figuras 3.13 y 3.14 se muestran el diagrama de precedencia y la representación isomórfica para el problema de Jackson (1962).

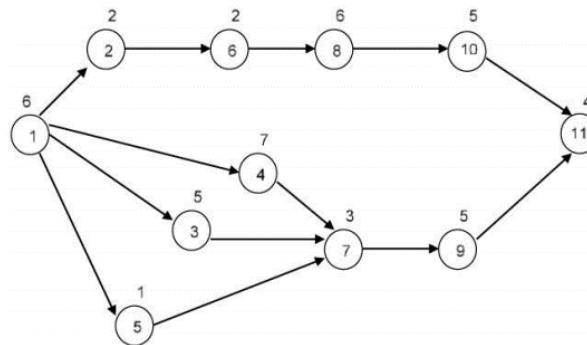


Figura 3.13 Diagrama de Precedencia del Problema de Jackson (1962)

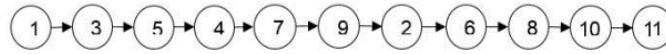


Figura 3.14 Representación Isomórfica del Problema de Jackson (1962)

3.6.2 Población Inicial

La población inicial se genera de forma aleatoria. El número de cromosomas siempre es constante. Muchas de las posibles combinaciones de genes son irrelevantes porque violan las restricciones de precedencia. Para generar la población inicial se utiliza el método de construcción del diagrama isomórfico de esta manera se garantiza que los cromosomas generados mantienen una secuencia válida de genes.

Dado que cada cromosoma es representado por un diagrama isomórfico, este se puede utilizar para mostrar de forma gráfica como estaría representada la línea en forma de U una vez que se haya solucionado el problema. En la figura 3.15 se muestra la representación gráfica en forma de U para el problema de Jackson (1962). (Martínez 2015)

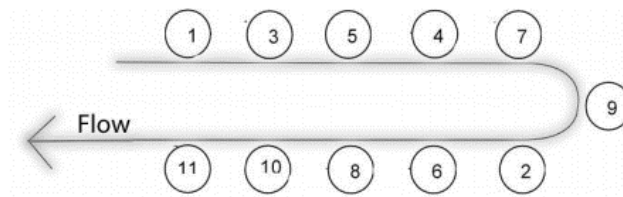


Figura 3.15 Diagrama Isomórfico en Forma de U.

3.6.3 Decodificación

Una representación orientada a la secuencia no viola las restricciones de precedencia y, por lo tanto, se denomina secuencia factible. Una secuencia factible genera

múltiples asignaciones de tareas a las estaciones de trabajo en lugar de una. El proceso de decodificación se refiere al procedimiento mediante el cual los genes de cromosoma (tareas) son asignadas a las estaciones de trabajo y la manera en que estas se van generando. Es necesario decodificar adecuadamente cada cromosoma para asignarle una única solución. Esta solución única es la que obtiene un índice de aptitud (número de estaciones de trabajo) y suavidad. El método utilizado para decodificar el cromosoma se describe a continuación:

Paso 1: cree una estación de trabajo vacía.

Paso 2: si ni la primera ni la última tarea en el cromosoma tiene un tiempo de tarea menor o igual que el tiempo disponible, regrese al Paso 1.

Paso 3: Si solo el tiempo de una de las tareas es menor o igual, asígnelo a la estación de trabajo. Reste el tiempo de la tarea del tiempo disponible y elimine la tarea del cromosoma. Si se puede asignar más de una tarea, seleccione una al azar. Si el cromosoma aún tiene tareas, regrese al paso 2, si no, finalice el proceso. (Martínez 2015)

3.6.4 Evaluación

Se evalúa a cada miembro de la población para determinar la probabilidad de que sobreviva en la próxima generación o de que sea seleccionado para una de las operaciones genéticas. Esta probabilidad se calcula en base a dos parámetros obtenidos de cada cromosoma. El primer y más importante parámetro está determinado por el número de estaciones de trabajo que resultan de la decodificación del cromosoma. El objetivo del primer parámetro es minimizar el número de estaciones de trabajo (Aptitud). El objetivo del segundo parámetro es minimizar la variación de cargas de trabajo entre las estaciones de trabajo (índice de suavidad). Según Yeo Keun Kim (2000), existen varios beneficios cuando la línea de montaje opera de esta manera lo cual aumenta la tasa de producción. (Martínez 2015)

3.6.5 Reproducción

El proceso de reproducción se realiza partiendo de una población de cromosomas ordenados según su valor de aptitud y suavidad. En este paso del proceso, se selecciona el porcentaje de cromosomas a los que se aplicará la operación de cruce. También se seleccionan los cromosomas que pasarán a la siguiente generación antes del proceso de mutación. (Martínez 2015)

3.6.6 Cruce

La idea de producir nuevas generaciones de cromosomas a través de operaciones genéticas es mejorar las soluciones de aquellos en la población inicial.

Básicamente, el cruce consiste en seleccionar dos cromosomas padres con los mejores valores de aptitud y combinar sus características para producir nuevos cromosomas secundarios. El número de cromosomas hijo producidos es igual al número de padres involucrados en el cruce. Estos cromosomas hijos también representan una solución factible. El proceso de cruce utilizado por Martínez (2015) se presenta a continuación. (Martínez 2015)

Suponga que se han seleccionado dos cromosomas padres de igual longitud del problema de Jackson, como se muestra en la figura 3.16. Se seleccionan dos puntos de cruce, representados por las líneas discontinuas.

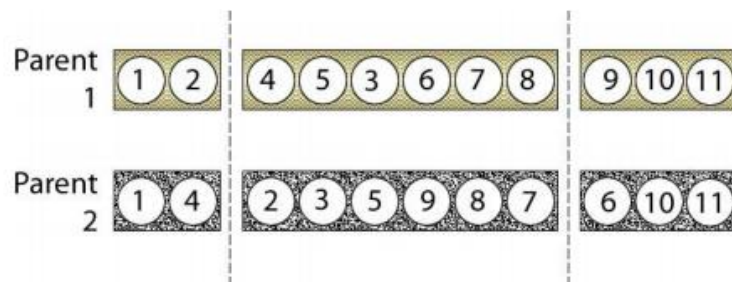


Figura 3.16 Padres Cruzados

Las partes medias de los dos padres deben intercambiarse para crear los cromosomas del hijo. Sin embargo, esto no es sencillo, ya que debe mantenerse la viabilidad. Para crear el primer hijo, se colocan la primera y la última parte del padre 1, dejando todos los componentes intermedios que faltan. Todas las tareas faltantes se colocarán en el orden en que aparecen en el cromosoma principal 2. El segundo hijo se produce de manera similar, excepto que las partes finales se toman del padre 2 y la parte del medio sigue el orden del padre uno. Los hijos resultantes se muestran en la figura 3.17. (Martínez 2015)

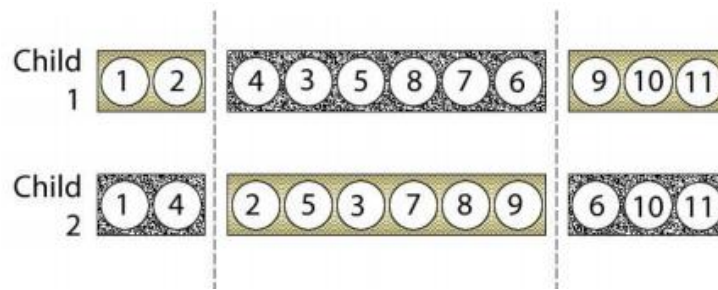


Figura 3.17 Hijos Resultantes.

Utilizando el problema de Jackson (1962) considerando un tiempo de ciclo de 11 unidades y la Población Inicial utilizada por Martínez (2015) para este problema se realiza el siguiente ejemplo. En la tabla 3.6 se muestra el conjunto de cromosomas para el problema de Jackson (1962).

Tabla 3.6 Población para el Problema de Jackson (1962)

Chromosome	
1	1,2,6,4,5,8,3,7,10,9,11
2	1,3,5,4,2,7,6,9,8,10,11
3	1,3,2,5,4,7,6,8,10,9,11
4	1,4,5,3,7,2,6,9,8,10,11
5	1,2,3,6,5,4,7,8,10,9,11
6	1,3,2,6,5,4,8,10,7,9,11
7	1,5,3,2,4,6,8,10,7,9,11
8	1,2,4,3,5,6,7,8,9,10,11
9	1,2,3,6,4,5,7,8,10,9,11
10	1,5,4,3,2,6,7,9,8,10,11
11	1,2,3,4,5,7,6,8,10,9,11
12	1,5,2,6,4,3,8,10,7,9,11
13	1,2,4,6,8,5,10,3,7,9,11
14	1,4,3,2,5,7,6,9,8,10,11
15	1,5,3,2,6,4,7,9,8,10,11
16	1,5,4,3,2,7,9,6,8,10,11
17	1,3,5,2,4,6,8,10,7,9,11
18	1,3,2,4,5,7,9,6,8,10,11
19	1,5,4,2,6,8,3,10,7,9,11
20	1,5,4,3,2,7,9,6,8,10,11

En la tabla 3.7 se muestra la solución utilizando el cromosoma 1, al problema LBP en forma de U utilizando algoritmos de codificación directa.

Tabla 3.7 Proceso de Asignación de Tareas para el Problema de Jackson (1962) Utilizando el Cromosoma 1.

Station	V	Will Fit	Assigned	Time left
1	1,11	1,11	1	5
1	2,11	2,11	11	1
2	2,9	2,9	2	9
2	6,9	6,9	9	4
2	6,10	6	6	2
3	4,10	4,10	4	4
3	5,10	5	5	3
4	8,10	8,10	8	5
4	3,10	3,10	3	0
5	7,10	7,10	10	6
5	7	7	7	3

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Algoritmo de Codificación Directa Modificado para Resolver el UALBP-1 Estocástico.

En la actualidad, la mayoría de los estudios sobre el ALBP (problema de balanceo de la línea de ensamble) parten de la base de que los parámetros están determinados. Sin embargo, la incertidumbre es inevitable en el proceso de fabricación real, por ejemplo, el tiempo de cierta estación de trabajo es inconsistente con el tiempo de preparación inicial y los operadores o dispositivos mecánicos están temporalmente fuera de servicio. Para minimizar los efectos negativos de todos estos problemas inesperados, se ha aplicado la teoría estocástica en el SALBP y el UALBP. Sin embargo, es necesario abordar cómo resolver eficazmente el problema de balanceo de las líneas de ensamble estocásticas, especialmente las líneas de ensamble estocásticas de tipo U. (Honghao Zhang)

En los últimos años, diferentes autores han propuesto diferentes metodologías para resolver el ALBP. La presente investigación se desarrolla dentro del enfoque estocástico en el balanceo de líneas en forma de U tipo 1. Los algoritmos genéticos, al ser métodos más eficientes, nos proporcionan más opciones de posibles soluciones al problema de equilibrado estocástico de líneas en forma de U tipo 1.

Los tiempos de finalización de las tareas estocásticas se producen cuando las diferencias entre los operarios hacen que los tiempos de finalización de la tarea varíen un poco y cuando los tiempos de procesamiento de las máquinas varían. (Guerriero and Miltenburg 2003). Los tiempos de finalización de las tareas estocásticas en las líneas tipo U generan el UALBP estocástico.

Adil Baykasoglu y Lale Özbakir (2006) desarrollaron y publicaron un algoritmo Stochastic U-line balancing using genetic algorithms. Este algoritmo integra diferentes métodos para solución de UALBP estocástico. Las siguientes suposiciones se realizan en el modelado de problemas: (Baykasoglu y Lale Özbakir 2006)

1. Cada tarea puede ser asignada solamente a una estación de trabajo.
2. No hay trabajo en proceso
3. Cada tarea puede ser realizada después de que sus tareas predecesoras hayan sido realizadas.
4. Cada tiempo de tarea tiene distribución normal con media μ y desviación estándar σ .
5. Los tiempos de las tareas son independientes entre sí y de las secuencias de asignación.
6. Para cada tarea, el tiempo de no finalización tiene una distribución normal con media μ y desviación estándar σ .

La siguiente notación se utiliza en el algoritmo:

N Numero de tareas

T Tiempo del ciclo

$\mu_i(T_j)$ Tiempo medio de proceso de la tarea i

σ_i Desviación estándar del tiempo de proceso de la tarea i

P_k Probabilidad de que el tiempo de la estación exceda el tiempo de ciclo

Z_k Variable aleatoria con media de 0 y desviación estándar de 1

$F(Z_k)$ Valor acumulado de la función Z_k

α Límite superior de la probabilidad de que el tiempo de la estación exceda el tiempo de ciclo

K_α α cuantil de la distribución normal estándar

σ_i^2 Varianza del tiempo de proceso de la tarea i
x Tiempo en la estación

Un nuevo algoritmo fue desarrollado y publicado por Martínez (2015): “Utilización de meta heurística para resolver problemas de balanceo de líneas en forma de U, utilizando algoritmos genéticos con reglas de decisión”, este algoritmo utiliza técnicas metaheurísticas mediante algoritmos genéticos con reglas heurísticas, que pueden ayudar resolver ALBP y UALBP al proporcionar una o más soluciones buenas y en algunos casos óptimas, las cuales se pueden aplicar a cualquier proceso. Para poder resolver el UALBP-1 estocástico el algoritmo es adaptado mediante la incorporación de una fracción de la metodología propuesta por Adil Baykasoglu y Lale Özbakir (2006), esta parte de la metodología incorpora ecuaciones necesarias para calcular las probabilidades de que los tiempos en las estaciones de trabajo excedan los tiempos de ciclo y una vez que las probabilidades sean excedidas se abra una estación nueva de trabajo.

Esta adaptación del algoritmo de codificación directa propuesto por Martínez (2015) habilita dicho algoritmo para el análisis estocástico, considerando la media y la varianza de las tareas, logrando obtener un nuevo método para la solución al UALBP-1 estocástico.

4.1.1 Decodificación

El método utilizado para decodificar el cromosoma se describe a continuación:

1. Determinación del conjunto de posibles tareas asignables: El conjunto de tareas asignables consta de tareas cuyos predecesores o sucesores ya han sido asignados.
2. Selección de la tarea a asignar del conjunto de tareas asignables.

3. Cálculo de la probabilidad de que el tiempo de la estación exceda el tiempo del ciclo se calcula usando la ecuación 3.1.

$$P_k = 1 - F(Z_k) \quad (3.1)$$

dónde $F(Z_k)$ es la función de densidad acumulativa de Z_k con una distribución normal con media de 0 y desviación estándar de 1. Z_k se calcula usando la ecuación 3.2.

$$Z_k = \frac{\left(C - \sum_{i \in S_k} \mu_i \right)}{\sqrt{\sum_{i \in S_k} \sigma_i^2}} \quad (3.2)$$

4. Si la probabilidad calculada en el paso 3 es menor que la probabilidad de no finalización (valor α), la tarea puede asignarse a esta estación. De lo contrario, se debe abrir la siguiente estación.

4.1.2 Proceso de Solución del Algoritmo

Para ejemplificar el proceso de solución del algoritmo se utiliza el diagrama de precedencia para una línea estocástica tipo U de 14 tareas (Baykasoglu y Lale Özbakir 2006) mostrado en la figura 4.1 y sus datos de prueba que se muestran en la tabla 4.2, se genera un cromosoma de codificación directa el cual se muestra en la tabla 4.1 y se realiza un ejemplo para encontrar el balanceo de línea de tal modo que se cumpla el tiempo de ciclo con una probabilidad del 95%.

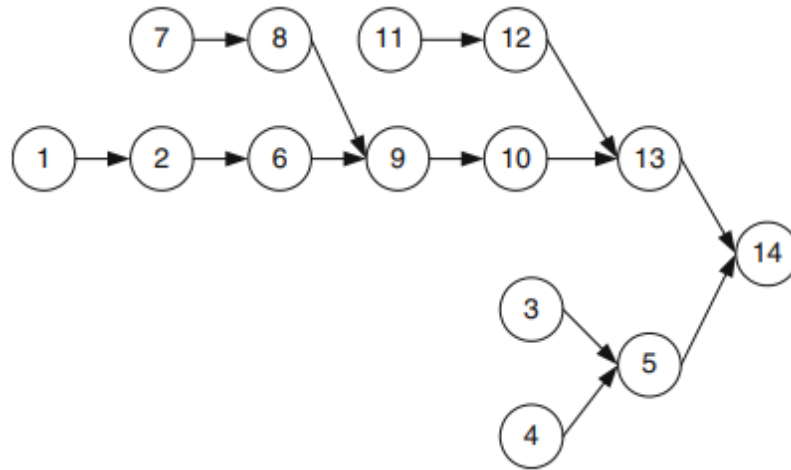


Figura 4.1 Diagrama de Precedencia para una Línea Estocástica tipo U de 14 Tareas

Tabla 4.1 Cromosoma para el Diagrama de Precedencia para una Línea Estocástica Tipo U de 14 Tareas

Cromosoma	Genes													
	1	2	6	7	8	9	10	11	12	13	3	4	5	14

Tabla 4.2 Datos de Prueba del Problema.

Task	Mean task time	Variance
1	7	0.36
2	25	19.36
3	12	15.21
4	6	2.89
5	11	1.69
6	13	4.84
7	16	5.29
8	11	6.25
9	6	8.41
10	12	1.69
11	19	5.29
12	13	6.79
13	9	3.61
14	13	28.09

Los pasos para la solución del cromosoma generado se describen a continuación:

1. Colocar las posibles tareas asignables (1, 14) a la estación del trabajo 1.
2. Seleccionar una de las tareas de forma aleatoria.
3. Determinar la probabilidad de que el tiempo de la estación exceda el tiempo de ciclo.
4. Si P_k es menor al valor de $\alpha = 0.05$ continuar con la asignación de tareas a la estación 1.
5. Si P_k es mayor al valor de α se abre la estación 2 y continuar con la asignación de tareas.

En la tabla 4.3 se muestran los pasos para resolver el problema con el cromosoma seleccionado. El tiempo de ciclo (CT) propuesto es de 40 unidades.

Tabla 4.3 Solución del Problema con el Cromosoma Seleccionado.

Cromosoma									
Probability 95%	0.05	CT = 40							
Asignable tasks	Selected task	μ	$\Sigma\mu$	σ^2	$\Sigma\sigma^2$	$\sqrt{\Sigma\sigma^2}$	P_k	P_k	W.S
1,14	1	7	7	0.36	0.36	0.6	$1-F((40-7)/0.6)$	0	1
2,14	14	13	20	28.09	28.45	5.333854	$1-F((40-20)/5.33)$	0	1
2,5	2	25	45	19.36	47.81	6.914478	$1-F((40-45)/6.91)$	0.76	2
6,5	5	11	36	1.69	21.05	4.588028	$1-F((40-36)/4.58)$	0.19	3
6,4	6	13	24	4.84	6.53	2.555386	$1-F((40-24)/2.55)$	0	3
7,4	4	6	30	2.89	9.42	3.069202	$1-F((40-30)/3.06)$	0.0005	3
7,3	7	16	46	5.29	14.71	3.835362		0.94	4
8,3	3	12	28	15.21	20.5	4.527693	$1-F((40-28)/4.52)$	0.003	4
8,13	8	11	39	6.25	26.75	5.17204	$1-F((40-39)/5.17)$	0.42	5
9,13	13	9	20	3.61	9.86	3.140064	$1-F((40-20)/3.14)$	0	5
9,12	9	6	26	8.41	18.27	4.274342	$1-F((40-20)/3.14)$	0.0005	5
10,12	12	13	39	6.79	25.06	5.005996	$1-F((40-39)/5.005)$	0.42	6
10,11	10	12	25	1.69	8.48	2.912044	$1-F((40-25)/2.91)$	0	6
11	11	19	44	5.29	13.77	3.710795		0.85	7

Operación 1.

Cálculo de P_k de la estación 1 utilizando las ecuaciones 3.1 y 3.2 con la tarea 1 asignada:

La letra x denota el tiempo en la estación.

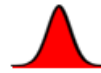
$$1-F((40-7)/0.6)$$

$$Z_k = \frac{40 - 7}{0.6}$$

$$Z_k = 55$$

Valor P de la tabla Z:

$$F(Z_k) = P(x < 40) = 1$$



$$P_k = P(x > 40) = 1 - P(x < 40) = 0$$



Operación 2.

Cálculo de P_k de la estación 1 utilizando las ecuaciones 3.1 y 3.2 con la tarea 14 asignada:

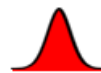
$$1-F((40-20)/5.33)$$

$$Z_k = \frac{40 - 20}{5.33}$$

$$Z_k = 3.752$$

Valor P de la tabla Z:

$$F(Z_k) = P(x < 40) = 1$$



$$P_k = P(x > 40) = 1 - P(x < 40) = 0$$



Operación 3.

Cálculo de P_k de la estación 1 utilizando las ecuaciones 3.1 y 3.2 con la tarea 2 asignada:

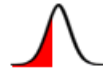
$$1-F((40-45)/6.91)$$

$$Z_k = \frac{40 - 45}{6.91}$$

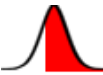
$$Z_k = -0.723$$

Valor P de la tabla Z:

$$F(Z_k) = P(x < 40) = 0.234$$



$$P_k = P(x > 40) = 1 - P(x < 40) = 0.766$$



Se observa que P_k es mayor al valor de α , por lo tanto, se abre la estación 2.

Operación 4.

Cálculo de P_k de la estación 2 utilizando las ecuaciones 3.1 y 3.2 con la tarea 5 asignada:

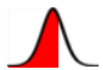
$$1-F((40-36)/4.58)$$

$$Z_k = \frac{40 - 36}{4.58}$$

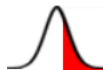
$$Z_k = 0.808$$

Valor P de la tabla Z:

$$F(Z_k) = P(x < 40) = 0.808$$



$$P_k = P(x > 40) = 1 - P(x < 40) = 0.191$$



Las operaciones para cada una de las tareas seleccionadas para ser asignadas a las siguientes estaciones se realizan de la misma manera. La solución para este cromosoma da como resultado 7 estaciones de trabajo.

4.2 Solución Computacional

El algoritmo computacional desarrolla soluciones buscando cromosomas que generen número de estaciones de trabajo, índice de suavidad y tiempo computacional factibles mediante operaciones genéticas. Para realizar la operación de cruce se seleccionan los cromosomas más aptos, se realiza una selección aleatoria de cromosomas para la operación de mutación, la nueva población se complementa utilizando cromosomas más aptos para ser preservados y con cromosomas nuevos. Este proceso continúa hasta llegar al número de generaciones establecidas. El diagrama de bloques de la figura 4 se representa el proceso del algoritmo.

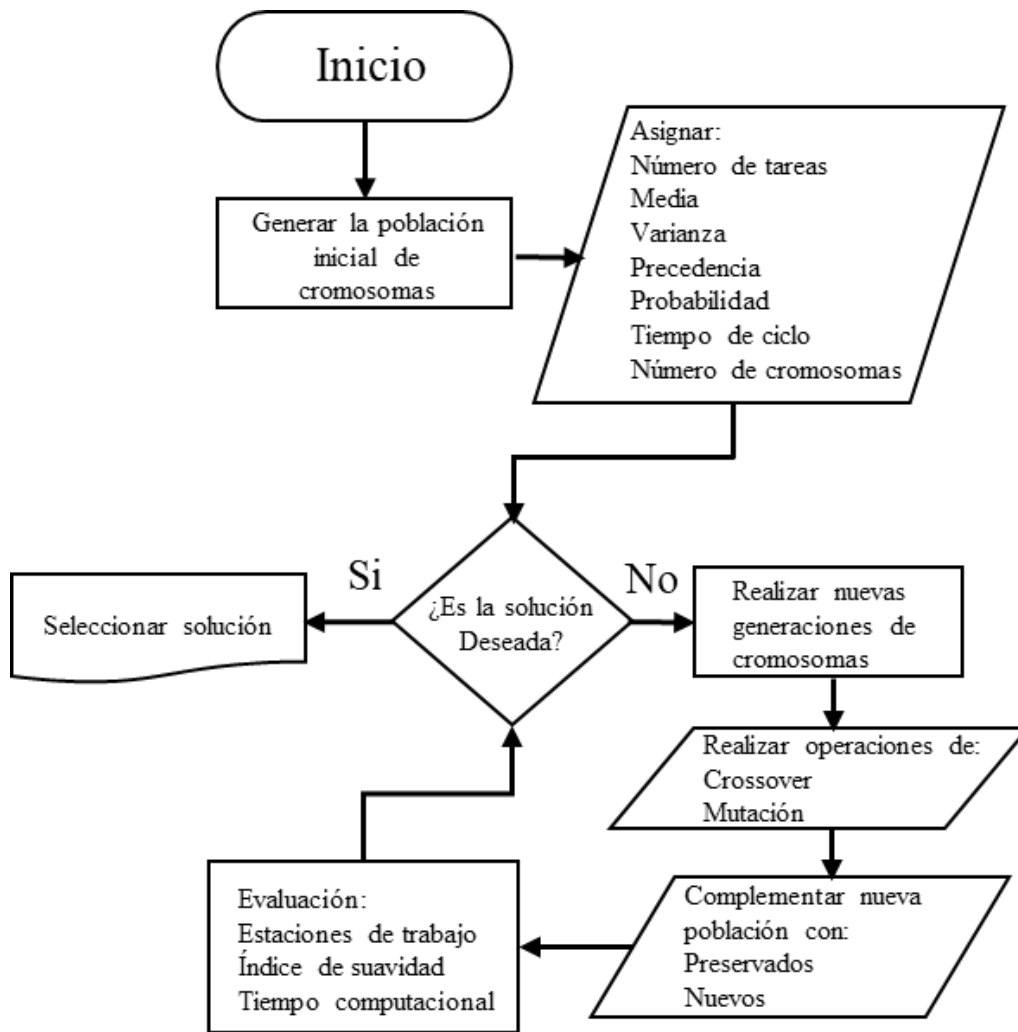


Figura 4.2 Proceso del Algoritmo

Al finalizar el proceso de evaluación el algoritmo muestra los siguientes datos:

- Cromosomas (Chromosome)
El cromosoma muestra las combinaciones posibles de las tareas (genes) respetando las reglas de la codificación directa.
- Índice de suavidad (SI)
Este índice muestra que tan cercano está el cromosoma (solución) generado de lograr el equilibrio de la línea de producción, un número más cercano a

cero es mejor, entre más pequeño se a este valor significa que se está más cerca de lograr un equilibrio perfecto.

- Número de estaciones de trabajo (WS)
Se refiere al número de estaciones de trabajo que se generan por cada cromosoma.
- Tiempo computacional (CPT)
Tiempo que tarda el algoritmo en generar los cromosomas. Las unidades de tiempo se muestran en nanosegundos.
- Tipo de cromosoma (Type)
El tipo de cromosoma muestra la manera en la que esté fue generado, ya sea que se conserve de alguna generación anterior, que se haya generado a través de una mutación, de una cruce o se trate de un cromosoma nuevo.

En la figura 4.3 se muestra un ejemplo de la solución computacional del algoritmo.

File				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	1	0.017	0	Old (5)	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	118223600			
2	5	0.165	1	Old (5)	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	123919500			
3	4	0.257	2	Mutation	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	129214300			
4	3	0.541	1	Mutation	[1, 4, 2, 5...	1.47196...	6	129516400			
5	5	0.987	2	Child	[1, 4, 2, 5...	1.47196...	6	129794300			
6	6	0.976	5	Child	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	129899700			
7	5	1.556	4	Child	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	130174000			
				Child	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	130362700			
				New	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	130367700			
				New	[1, 2, 5, 6...	1.58113...	6	130554900			
				New	[1, 4, 2, 3...	1.35400...	6	130743000			
				New	[1, 4, 7, 2...	1.47196...	6	130846800			
				New	[1, 2, 3, 5...	1.58113...	6	131034400			
				New	[1, 4, 7, 2...	1.35400...	6	131137100			
				New	[1, 2, 5, 3...	1.58113...	6	131241400			
				New	[1, 2, 5, 4...	1.58113...	6	131371700			
				New	[1, 4, 7, 2...	1.47196...	6	131651200			
				New	[1, 2, 5, 3...	1.58113...	6	131769400			
				New	[1, 2, 5, 4...	1.47196...	6	131879800			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.58113...	6	132083000			
				Minimum Workstations: 4							

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,7	7	3
2	1,6	1	7
2	4	4	4
3	2,6	2	3
4	5,6	6	2
5	5,3	3	4
6	5,5	5	3

Figura 4.3 Solución Computacional del Algoritmo

4.3 Media y Varianza

La literatura del UALBP estocástico es muy limitada, las metodologías que se han propuesto muestran el desarrollo del método para llegar a la solución, sin embargo, no muestran valores específicos para la media y la varianza de las tareas. Para la evaluación del algoritmo se utilizó un conjunto de problemas de balanceo de línea presentado por Armin Scholl (1993), el cual ha sido utilizado en soluciones al problema de balanceo de líneas por distintos autores. Este conjunto de problemas propone tiempos de tarea los cuales fueron considerados como la media del tiempo de la tarea (μ_i), sin embargo, resulta complicado encontrar problemas en la literatura que muestren los valores específicos para la varianza de las tareas, por lo tanto, fue necesario desarrollar un método y combinarlo con el enfoque de Carraway (1989) para la generación de dichas varianzas.

4.3.2 Generación de la Varianza

La varianza se genera aleatoriamente utilizando en enfoque de Carraway (1989): valores aleatorios fueron generados en dos intervalos $[0, (T_j/4)^2]$ para baja varianza y $[0, (T_j/2)^2]$ para alta varianza y utilizando los tiempos de ciclo mínimos para generar un rango de valores aleatorios.

Donde: T_j representa el tiempo medio de la tarea.

Para mostrar el procedimiento se utiliza el problema de Mertens (1967), los datos de este problema se muestran en la tabla 4.4

Tabla 4.4 Media del Tiempo de Tarea para el Problema de Mertens (1967)

Tarea	Media del tiempo de tarea
1	1
2	5
3	4
4	3
5	5
6	6
7	5
Tiempo de ciclo 8	

- Los valores máximos de Z_k fueron determinados como: 1.28, 1.645, and 1.96 [8]. Utilizando la ecuación 3.2 se puede desarrollar las siguientes ecuaciones y determinar un valor máximo de la varianza para cada tarea.

$$\sigma_i = \frac{(C - \mu_i)}{Z_k} \quad (4.1)$$

$$\sigma_i^2 = \left[\frac{(C - \mu_i)}{Z_k} \right]^2 \quad (4.2)$$

- Cálculo de varianza tarea 1.

$$\sigma_i = \frac{(8 - 1)}{1.96} = 3.571, \quad \sigma_i = \frac{(8 - 1)}{1.645} = 4.255, \quad \sigma_i = \frac{(8 - 1)}{1.28} = 5.469$$

$$\sigma_i^2 = 12.755 \quad \sigma_i^2 = 18.105 \quad \sigma_i^2 = 29.909$$

Se observa que la varianza menor calculada es para el valor de Z_k de 1.96, este es el valor que se selecciona como valor máximo de varianza para esta tarea, el cual se usa como valor máximo para el intervalo de valores aleatorios para la varianza de esta tarea. Este valor es seleccionado, debido a que, cualquier valor mayor de varianza no generaría ninguna solución, es decir no existe manera de asignar más de una tarea en una estación de trabajo ya que una varianza mayor excedería la probabilidad de que el tiempo de la estación exceda el tiempo de ciclo. Se realiza el mismo procedimiento para las tareas faltantes. A

continuación, se muestran las tabla 4.5 y 4.6 de resultados, en las cuales se incluye el enfoque de Carraway (1989) baja varianza $[0, (T_i/4)^2]$ y alta varianza $[0, (T_i/2)^2]$ respectivamente para la selección del intervalo de la varianza.

Tabla 4.5 Resultados Baja Varianza para la Varianza Calculada

Tarea	Rango de varianza Carraway	Desviación estándar (σ) para los valores de Z_k			Varianza (σ^2)	
	$[0, (T_j/4)^2]$	$Z=1.96$	$Z=1.645$	$Z=1.28$	σ^2 Calculada	σ^2 Aleatoria
1	0.0625	3.571	4.255	5.469	12.755	0.017
2	1.5625	1.531	1.824	2.344	2.343	0.165
3	1	2.041	2.432	3.125	4.165	0.257
4	0.5625	2.551	3.040	3.906	6.508	0.541
5	1.5625	1.531	1.824	2.344	2.343	0.987
6	2.25	1.020	1.216	1.563	1.041	0.976
7	1.5625	1.531	1.824	2.344	2.343	1.556

Tabla 4.6 Resultados Alta Varianza para la Varianza Calculada

Tarea	Rango de varianza Carraway	Desviación estándar (σ) para los valores de Z_k			Varianza (σ^2)	
	$[0, (T_j/2)^2]$	$Z=1.96$	$Z=1.645$	$Z=1.28$	σ^2 Calculada	σ^2 Aleatoria
1	0.25	3.571	4.255	5.469	12.755	0.017
2	6.25	1.531	1.824	2.344	2.343	0.165
3	4	2.041	2.432	3.125	4.165	0.257
4	2.25	2.551	3.040	3.906	6.508	0.541
5	6.25	1.531	1.824	2.344	2.343	0.987
6	9	1.020	1.216	1.563	1.041	0.976
7	6.25	1.531	1.824	2.344	2.343	1.556

3. Tomando como ejemplo la tabla 4.5 (baja varianza) se comparan los valores de las columnas $[0, (T_j/4)^2]$ (Rango de varianza Carraway) y σ^2 Calculada y se seleccionan los valores menores, en este ejemplo se seleccionan los valores de la columna $[0, (T_j/4)^2]$ dado que son los menores para las tareas 1, 2, 3, 4, 5 y 7, para la tarea 6 se selecciona el valor de la columna σ^2 Calculada, la selección de estos valores permite establecer el intervalo para la varianza y definir la varianza aleatoria para cada tarea. Los valores del intervalo de varianza y la varianza aleatoria se muestran en la tabla 4.7.

Tabla 4.7 Resultados Aleatorios para la Varianza

Tarea	Valores máximos para la varianza	Intervalo de la varianza	σ^2 Aleatoria
1	0.0625	0 - 0.0625	0.017
2	1.5625	0 - 1.5625	0.165
3	1	0 - 1	0.257
4	0.5625	0 - 0.5625	0.541
5	1.5625	0 - 1.5625	0.987
6	1.041	0 - 1.041	0.976
7	1.5625	0 - 1.5625	1.556

4. Con la σ^2 Aleatoria definida para cada tarea se completan los datos para el algoritmo, los cuales se muestran en la tabla 4.8.

Tabla 4.8 Datos para el Algoritmo

Tarea	Media del tiempo de tarea	Varianza
1	1	0.017
2	5	0.165
3	4	0.257
4	3	0.541
5	5	0.987
6	6	0.976
7	5	1.556

5. RESULTADOS

5.1 Problemas de Evaluación

Siete categorías de problemas son utilizadas para la evaluación del algoritmo: Mertens (7 tareas), Bowman (8 tareas), Jaeschke (9 tareas), Jackson (11 tareas), Mitchell (21 tareas), Heskiaoff (28 tareas), and Killbridge (45 tareas). Los problemas se evalúan en dos rangos de varianza (alta y baja varianza) permitiendo visualizar el impacto en las soluciones con diferentes rangos en la varianza de las tareas. Las probabilidades de finalización de tareas se ajustaron a 0.90, 0.95 y 0.97 ($K\alpha = 1.28, 1.645, \text{ and } 1.96$, respectivamente). La combinación de estas categorías con su tiempo de ciclo respectivos, los rangos de varianza y las diferentes probabilidades generan un total de 165 problemas. Estos problemas fueron resueltos con una computadora personal de 2.3 GHz.

En las tablas 5.1 y 5.2 se muestran los resultados resaltados en negritas del desarrollo computacional del algoritmo y las soluciones existentes en la literatura.

Tabla 5.1 Resultados del Desarrollo Computacional del Algoritmo Baja Varianza

Baja varianza																	
Problemas	No. de Tareas	Tiempo de ciclo	K(1- α) = 1.96 Probabilidad 97.5%						K(1- α) = 1.645 Probabilidad 95%						K(1- α) = 1.28 Probabilidad 90%		
			SI	Solución WS		CPT		SI	Solución WS		CPT		SI	Solución WS		CPT	
				Existente		Existente			Existente		Existente			Existente		Existente	
Mertens	7	8	1.354	6	5	0.118	0.203	1.354	6	5	0.053	0.281	1.354	6	5	0.049	0.078
		10	1.414	5	4	0.102	0.17	1.414	5	4	0.053	0.201	2.179	4	4	0.045	0.18
		15	0.577	3	3	0.11	0.079	0.577	3	3	0.056	0.203	0.577	3	3	0.049	0.22
		18	0.707	2	2	0.112	0.281	0.057	2	2	0.707	0.155	0.707	2	2	0.043	0.187
Bowman	8	20	5.082	6	6	0.141	0.172	5.082	6	6	0.045	0.203	2.75	5	5	0.037	0.094
Jaeschke	9	6	N/S/F	8	N/S	0.172		N/S/F	8	N/S/F	0.203		N/S/F	8	N/S	0.156	
		7	1.541	8	7	0.161	0.157	1.541	8	7	0.113	0.172	1.62	8	7	0.055	0.23
		8	1.62	8	7	0.058	0.172	1.62	8	7	0.032	0.09	1.927	7	7	0.032	0.171
		10	2.12	6	5	0.181	0.141	2	5	5	0.152	0.141	2	5	5	0.109	0.13
		18	0.816	3	3	0.187	0.14	0.816	3	3	0.127	0.11	2.08	3	3	0.057	0.203
Jackson	11	9	1.414	8	7	0.097	0.17	1.414	8	7	0.055	0.204	1.5	8	7	0.048	0.2
		10	1.69	7	7	0.151	0.063	1.69	7	7	0.071	0.183	1.69	7	7	0.068	0.172
		13	1.095	5	5	0.137	0.14	1.414	5	5	0.066	0.204	1.264	5	5	0.066	0.13
		14	1.264	5	4	0.132	0.188	1.264	5	4	0.073	1.1	0.707	4	4	0.057	0.24
		21	0.816	3	3	0.126	0.187	0.816	3	3	0.069	0.14	0.816	3	3	0.063	0.157
Mitchell	21	15	2.774	10	N/S/F	0.153	N/S/F	1.632	9	N/S/F	0.101	N/S/F	1.563	9	9	0.101	0.297
		21	1.647	7	6	0.173	0.5	0.707	6	6	0.105	0.843	0.707	6	6	0.103	0.26
		26	1.183	5	5	0.154	0.34	0	5	5	0.128	0.344	0.183	5	5	0.126	0.234
		35	1.5	4	4	0.254	0.28	5.408	4	4	0.227	0.21	2.692	4	4	0.167	0.281
		39	8.139	4	4	0.301	0.21	1.29	3	4	0.225	0.235	1.29	3	3	0.218	0.156
Heskiaoff	28	205	12.688	6	6	0.138	11.031	14.85	6	6	0.166	3.297	10.23	6	6	0.131	0.343
		216	12.11	6	6	0.134	1.97	17.34	6	6	0.186	0.1	23.544	6	6	0.171	0.25
		256	12.884	5	5	0.311	0.405	18.154	5	5	0.183	0.36	23.748	5	5	0.202	0.328
		324	18.614	4	4	0.282	0.453	20.844	4	4	0.205	0.25	28.521	4	4	0.216	0.454
342	29.774	4	4	0.247	0.328	36.776	4	4	0.197	0.32	65.601	4	4	0.239	0.406		
Killbridge	45	79	6.073	9	9	0.346	0.39	6.904	9	9	0.275	0.39	8.062	9	8	0.289	5.203
		92	11.335	8	8	0.349	0.594	5.707	7	8	0.353	0.391	5.644	7	7	0.294	1.37
		110	4.163	6	6	0.395	0.4	5.887	6	6	0.334	0.4	5.228	6	6	0.336	0.594
		138	9.777	5	5	0.412	0.578	12.165	5	5	0.407	0.2	21.241	5	5	0.42	0.39
		184	33.793	4	4	0.48	0.391	42.047	4	4	0.437	0.112	47.154	4	4	0.399	0.45

N/S/F No se encontró solución factible

Tablas 5.2 Resultados del Desarrollo Computacional del Algoritmo Alta Varianza

Alta varianza																	
Problemas	No. de Tareas	Tiempo de ciclo	K(1- α) = 1.96 Probabilidad 97.5%				K(1- α) = 1.645 Probabilidad 95%				K(1- α) = 1.28 Probabilidad 90%						
			SI	Solución WS		CPT	SI	Solución WS		CPT	SI	Solución WS		CPT			
				Existente		Existente		Existente		Existente		Existente		Existente			
Mertens	7	8	1.354	6	N/S/F	0.134	N/S/F	1.354	6	N/S/F	0.055	N/S/F	1.354	6	5	0.056	6.172
		10	1.354	6	5	0.078	0.1	1.354	6	5	0.032	0.18	2.489	5	5	0.031	0.14
		15	0.577	3	3	0.141	0.13	0.577	3	3	0.071	0.125	0.577	3	3	0.03	0.11
		18	0.577	3	3	0.149	0.09	0.577	3	3	0.11	0.078	0.707	2	2	0.049	0.075
Bowman	8	20	6.928	7	6	0.07	7.12	5.016	6	6	0.032	0.171	5.016	6	6	0.108	0.2
Jaeschke	9	8	1.62	8	7	0.132	0.922	1.62	8	7	0.036	0.531	1.62	8	7	0.033	1.47
		10	1.927	7	7	0.033	0.125	1.927	7	7	0.071	0.219	2.121	6	7	0.059	0.187
		18	0.816	3	3	0.152	0.234	0.816	3	3	0.121	0.175	0.816	3	3	0.1	0.3
Jackson	11	10	1.414	8	N/S/F	0.068	N/S/F	1.581	8	N/S/F	0.024	N/S/F	1.5	8	7	0.027	0.203
		13	1.732	6	5	0.098	2.04	1.732	6	5	0.074	0.985	1.095	5	5	0.036	1.402
		14	1.095	5	5	0.068	0.891	1.095	5	5	0.084	0.25	2.236	5	5	0.1	0.772
		21	0.816	3	3	0.116	0.766	0.816	3	3	0.044	0.187	0.816	3	3	0.035	0.31
Mitchell	21	21	1.274	8	8	0.08	0.344	1.362	7	7	0.083	0.231	1.647	7	7	0.093	0.516
		26	2.121	6	6	0.196	0.782	1.957	6	6	0.092	0.344	2.366	5	5	0.092	1.89
		35	0.866	4	4	0.257	5.468	0.866	4	4	0.173	0.562	0.866	4	4	0.16	0.281
		39	2.692	4	4	0.269	0.174	6.224	4	4	0.219	0.235	6.576	4	4	0.185	0.344
Heskiaoff	28	205	17.414	8	8	0.298	0.547	20.365	8	7	0.143	1.641	14.75	7	7	0.101	0.437
		216	25.95	8	7	0.491	1.976	27.145	7	7	0.135	0.563	23.757	7	6	0.128	5.593
		256	23.122	6	6	0.2	0.48	18.752	6	6	0.157	0.53	24.055	6	5	0.149	1.453
		324	19.57	5	5	0.15	0.691	41.192	5	4	0.184	0.328	13.095	4	4	0.114	0.531
		342	48.672	5	4	0.249	0.531	5.787	4	4	0.192	0.657	11.247	4	4	0.21	0.18
Killbridge	45	92	10.651	9	8	0.198	0.61	4.769	8	8	0.201	5.547	7.632	8	8	0.172	0.594
		110	8.115	7	7	0.288	0.609	9.433	7	7	0.214	0.984	21.42	7	6	0.226	4.14
		138	22.612	6	6	0.313	0.782	4.289	5	6	0.302	0.39	8.148	5	5	0.276	0.797
		184	11.853	4	4	0.345	0.593	14.352	4	4	0.331	0.781	31.599	4	4	0.302	0.593

N/S/F: No se encontró solución factible

De los resultados obtenidos se realiza una tabla comparativa para alta y baja varianza donde se muestra la cantidad de problemas y porcentaje para los siguientes resultados:

- WS mayor. Problemas en los cuales se generó una WS (estación de trabajo) más.
- WS similar, menor CPT. Problemas en los cuales la cantidad de WS es similar con un CPT (tiempo computacional) menor.
- WS similar, mayor CPT. Problemas en los cuales la cantidad de WS es similar con un CPT mayor.
- WS menor. Problemas para los cuales se generó un número de WS menor.

- No se encontró solución factible. Problemas para los cuales no se encontró solución.
- Total de problemas. Numero de problemas realizados.

Tabla 5.3 Comparación de Resultados para Alta y Baja Varianza

Baja varianza						
	WS Mayor	WS Similar Menor CPT	WS Similar Mayor CPT	WS Menor	No se Encontró Solución Factible	Total de problemas
	18	52	16	1	3	90
%	20.0	57.8	17.8	1.1	3.3	

Alta varianza						
	WS Mayor	WS Similar Menor CPT	WS Similar Mayor CPT	WS Menor	No se Encontró Solución Factible	Total de problemas
	18	46	5	6	0	75
%	24.0	61.3	6.7	8.0	0.0	

5.2 Análisis de Resultados

De las tablas 5.1 y 5.2 se extraen los resultados para WS y CPT para cada rango de varianza. Los datos para ambas soluciones se separan en tablas independientes, donde se especifica el tipo de solución (WS y CPT) y el rango de varianza. Para el análisis de resultados se utiliza el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, el cual es utilizado en los problemas de la literatura.

Notaciones utilizadas en las tablas:

- n_1 Tamaño de la muestra 1
- \bar{X}_1 Media de la muestra 1
- σ_1^2 Varianza de la muestra 1

- n_2 Tamaño de la muestra 2
- \bar{y}_2 Media de la muestra 2
- σ_2^2 Varianza de la muestra 2

5.2.1 Prueba de Medias para dos Muestras Independientes

En la mayoría de las aplicaciones, interesa comparar dos poblaciones. Con frecuencia solo interesa saber si las medias de las dos poblaciones son diferentes. Las distribuciones de los problemas utilizados se considerada como normal en la literatura. Como las distribuciones de población son consideradas como normales, tanto \bar{X} como \bar{Y} tienen distribuciones normales. Esto implica que $\bar{X} - \bar{Y}$ está normalmente distribuida con valor esperado $\mu_1 - \mu_2$ y desviación estándar $\sigma_{\bar{x}-\bar{y}}$ dada en la proposición precedente. Al estandarizar $\bar{X} - \bar{Y}$ se obtiene la variable normal estándar: [Devore 2008]

$$Z = \frac{\bar{X} - \bar{Y} - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{m} + \frac{\sigma_2^2}{n}}} \quad (5.1)$$

En un problema de prueba de hipótesis, la hipótesis nula formulará que $\mu_1 - \mu_2$ tiene un valor específico. Si Δ_0 denota este valor nulo, se tiene $H_0: \mu_1 - \mu_2 = \Delta_0$. Con frecuencia $\Delta_0 = 0$, en cuyo caso H_0 dice que $\mu_1 = \mu_2$. Al reemplazar $\mu_1 - \mu_2$ en la expresión 5.1 con el valor nulo Δ_0 se obtiene un estadístico de prueba. [Devore 2008]

$$z = \frac{\bar{x} - \bar{y} - \Delta_0}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{m} + \frac{\sigma_2^2}{n}}} \quad (5.2)$$

En la tabla 5.4 se muestran las hipótesis nula y alternativas, así como las regiones de rechazo para la prueba con un nivel de significancia α .

Tabla 5.4 Hipótesis

Hipótesis nula	Hipótesis alternativa	Región de rechazo para prueba con nivel α	
$H_0: \mu_1 - \mu_2 = \Delta_0$	$H_a: \mu_1 - \mu_2 > \Delta_0$	$z \geq z_\alpha$	Cola superior
	$H_a: \mu_1 - \mu_2 < \Delta_0$	$z \leq -z_\alpha$	Cola inferior
	$H_a: \mu_1 - \mu_2 \neq \Delta_0$	$z \geq z_{\alpha/2} \quad \text{o} \quad z \leq -z_{\alpha/2}$	2 colas

5.2.2 Estaciones de Trabajo (WS) en Baja Varianza

Las tablas 5.5 y 5.6 muestran el número de tareas resultante del algoritmo para baja varianza y las soluciones existentes en la literatura respectivamente, así como el tamaño, la media y la varianza de la muestra.

Tablas 5.5 Resultados para las Estaciones de Trabajo del Algoritmo Baja Varianza

Estaciones de trabajo					
Soluciones del algoritmo para Baja varianza					
Problemas	WS totales (WS1)		n1	\bar{X}_1	σ_1^2
Mertens	6	6 6	85	5.341	3.156
	5	5 4			
	3	3 3			
	2	2 2			
Bowman	6	6 5			
Jaeschke	8	8 8			
	8	8 7			
	6	5 5			
	3	3 3			
Jackson	8	8 8			
	7	7 7			
	5	5 5			
	5	5 5			
	3	3 3			
Mitchell		9			
	7	6 6			
	5	5 5			
	4	4 4			
	4	3 3			
Heskiaoff	6	6 6			
	6	6 6			
	5	5 5			
	4	4 4			
	4	4 4			
Killbridge	9	9 9			
	8	7 7			
	6	6 6			
	5	5 5			
	4	4 4			

Tablas 5.6 Resultados Existentes para las Estaciones de Trabajo Baja Varianza

Estaciones de trabajo						
Soluciones existentes para Baja varianza						
Problemas	WS totales (WS2)			n2	\bar{y}_2	σ_2^2
Mertens	5	5	5	85	5.141	2.694
	4	4	4			
	3	3	3			
	2	2	2			
Bowman	6	6	5			
Jaeschke	7	7	7			
	7	7	7			
	5	5	5			
	3	3	3			
Jackson	7	7	7			
	7	7	7			
	5	5	5			
	4	4	4			
	3	3	3			
Mitchell			9			
	6	6	6			
	5	5	5			
	4	4	4			
	4	4	3			
Heskiaoff	6	6	6			
	6	6	6			
	5	5	5			
	4	4	4			
	4	4	4			
Killbridge	9	9	8			
	8	8	7			
	6	6	6			
	5	5	5			
	4	4	4			

Para este caso se plantean las siguientes hipótesis:

- Hipótesis nula: La solución generada con la adaptación de los algoritmos genéticos con reglas de decisión ¿generará un número igual de estaciones de trabajo respecto a los problemas establecidos por el autor: Adil Baykasoglu en su artículo “Balanceo de línea-U estocástico utilizando algoritmos genéticos”?

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \text{ o en forma equivalente } H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

- Hipótesis alternativa: La solución generada con la adaptación de los algoritmos genéticos con reglas de decisión ¿generará un número mayor de estaciones de trabajo respecto a los problemas establecidos por el autor: Adil Baykasoglu en su artículo “Balanceo de línea-U estocástico utilizando algoritmos genéticos”?

$$H_A : \mu_1 > \mu_2 \text{ o en forma equivalente } H_A : \mu_1 - \mu_2 > 0$$

Cálculo de estadístico Z.

$$Z = \frac{5.341 - 5.141}{\sqrt{\frac{3.156}{85} + \frac{2.694}{85}}} = 0.766$$

Para el nivel de significancia $\alpha = 0.05$ el valor de $Z_{\alpha} = 1.645$. [Devore 2008]

En la figura 5.1 se observa el área donde se encuentran ambos valores de Z. El valor calculado de Z cae dentro de la zona de aceptación, por este motivo se acepta la hipótesis nula H_0 , no hay diferencia significativa en la media del número de estaciones de trabajo, por lo tanto, se considera que el número de estaciones de trabajo es igual para ambos métodos de solución.

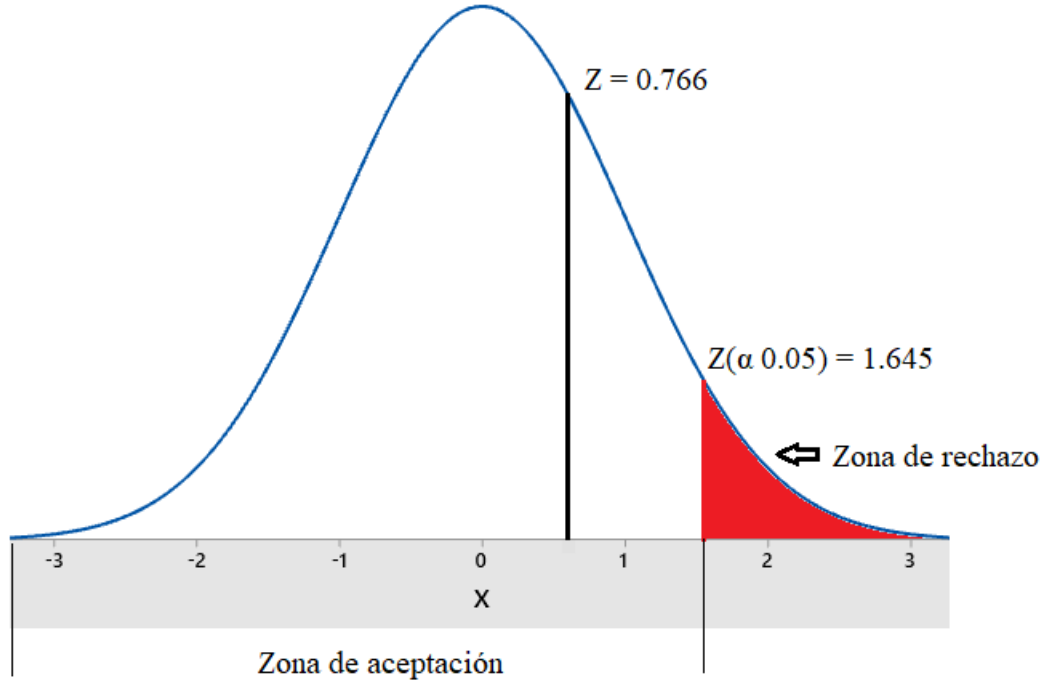


Figura 5.1 Área para $Z = 0.766$

5.2.3 Tiempo Computacional (CPT) en Baja Varianza

Las tablas 5.7 y 5.8 muestran el tiempo computacional de las soluciones del algoritmo para baja varianza y las soluciones existentes en la literatura respectivamente, así como el tamaño, la media y la varianza de la muestra.

Tablas 5.7 Resultados para el Tiempo Computacional del Algoritmo Baja Varianza

Tiempos computacionales						
Soluciones del algoritmo para Baja varianza						
Problemas	CPT(CPT1)			n_1	\bar{X}_1	σ_1^2
Mertens	0.118	0.053	0.049	85	0.177	0.016
	0.102	0.053	0.045			
	0.11	0.056	0.049			
	0.112	0.707	0.043			
Bowman	0.141	0.045	0.037			
Jaeschke	0.161	0.113	0.055			
	0.058	0.032	0.032			
	0.181	0.152	0.109			
	0.187	0.127	0.057			
Jackson	0.097	0.055	0.048			
	0.151	0.071	0.068			
	0.137	0.066	0.066			
	0.132	0.073	0.057			
	0.126	0.069	0.063			
Mitchell			0.101			
	0.173	0.105	0.103			
	0.154	0.128	0.126			
	0.254	0.227	0.167			
	0.301	0.225	0.218			
Heskiaoff	0.138	0.166	0.131			
	0.134	0.186	0.171			
	0.311	0.183	0.202			
	0.282	0.205	0.216			
	0.247	0.197	0.239			
Killbridge	0.346	0.275	0.289			
	0.349	0.353	0.294			
	0.395	0.334	0.336			
	0.412	0.407	0.42			
	0.48	0.437	0.399			

Tablas 5.8 Resultados Existentes para el Tiempo Computacional Baja Varianza

Tiempos computacionales						
Soluciones existentes para Baja varianza						
Problemas	CPT (CPT2)			n2	\bar{y}_2	σ_2^2
Mertens	0.203	0.281	0.078	85	0.522	1.789
	0.17	0.201	0.18			
	0.079	0.203	0.22			
	0.281	0.155	0.187			
Bowman	0.172	0.203	0.094			
Jaeschke	0.157	0.172	0.23			
	0.172	0.09	0.171			
	0.141	0.141	0.13			
	0.14	0.11	0.203			
Jackson	0.17	0.204	0.2			
	0.063	0.183	0.172			
	0.14	0.204	0.13			
	0.188	1.1	0.24			
	0.187	0.14	0.157			
Mitchell			0.297			
	0.5	0.843	0.26			
	0.34	0.344	0.234			
	0.28	0.21	0.281			
	0.21	0.235	0.156			
Heskiaoff	11.031	3.297	0.343			
	1.97	0.1	0.25			
	0.405	0.36	0.328			
	0.453	0.25	0.454			
	0.328	0.32	0.406			
Killbridge	0.39	0.39	5.203			
	0.594	0.391	1.37			
	0.4	0.4	0.594			
	0.578	0.2	0.39			
	0.391	0.112	0.45			

Para este caso se plantean las siguientes hipótesis:

- Hipótesis nula: Los tiempos computaciones de las soluciones optimas con la adaptación los algoritmos genéticos con reglas de decisión ¿será igual que el establecido por el autor: Adil Baykasoglu en su artículo “Balanceo de línea-U estocástico utilizando algoritmos genéticos”?

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \text{ o en forma equivalente } H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

- Hipótesis alternativa: Los tiempos computaciones de las soluciones optimas con la adaptación los algoritmos genéticos con reglas de decisión ¿será mejor que el establecido por el autor: Adil Baykasoglu en su artículo “Balanceo de línea-U estocástico utilizando algoritmos genéticos”?

$$H_A : \mu_1 < \mu_2 \text{ o en forma equivalente } H_A : \mu_1 - \mu_2 < 0$$

Cálculo de estadístico Z.

$$Z = \frac{0.177 - 0.522}{\sqrt{\frac{0.016}{85} + \frac{1.789}{85}}} = -2.367$$

Para el nivel de significancia $\alpha = 0.05$ el valor de $Z_\alpha = 1.645$. [Devore 2008]

En la figura 5.2 se observa el área donde se encuentran ambos valores de Z. El valor calculado de Z cae dentro de la zona de rechazo, por este motivo se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_A , hay una diferencia en la media del tiempo computacional, por lo tanto, se considera que el tiempo computacional de las soluciones del algoritmo es mejor que el de la solución existente.

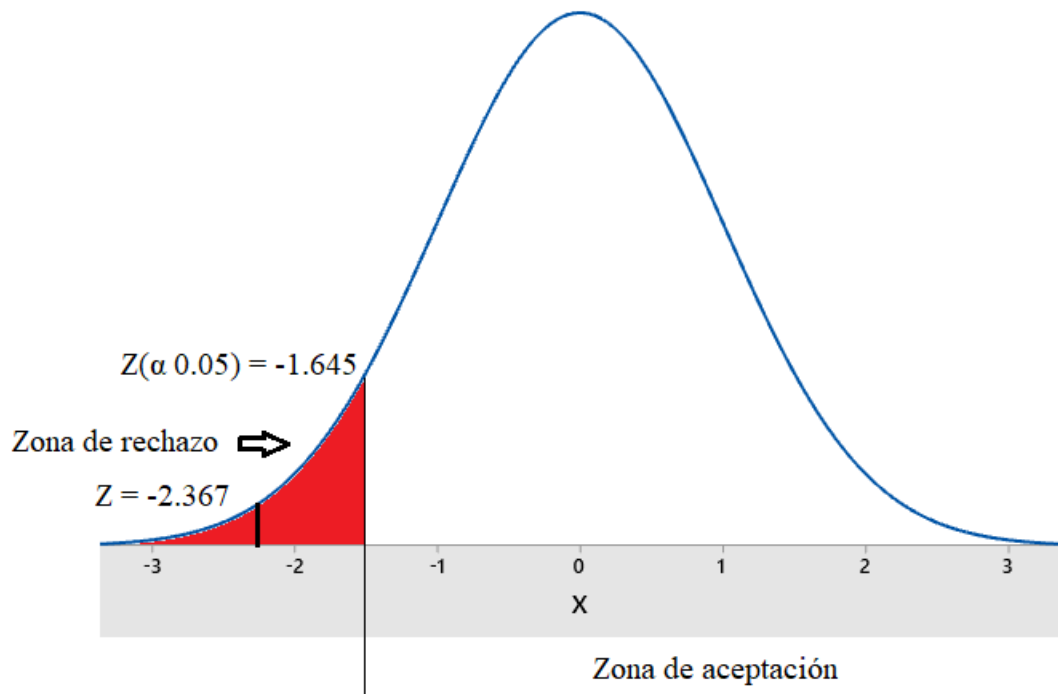


Figura 5.2 Área para $Z = -2.367$

5.2.4 Estaciones de Trabajo (WS) en Alta Varianza

Las tablas 5.9 y 5.10 muestran el número de tareas resultante del algoritmo para alta varianza y las soluciones existentes en la literatura respectivamente, así como el tamaño, la media y la varianza de la muestra.

Tablas 5.9 Resultados para las Estaciones de Trabajo del Algoritmo Alta Varianza

Estaciones de trabajo					
Soluciones del algoritmo para Alta varianza					
Problemas	WS totales (WS1)		n1	\bar{X}_1	σ_1^2
Mertens	6		71	5.465	3.052
	6	5			
	3	3			
	3	2			
Bowman	7	6			
Jaeschke	8	8			
	7	6			
	3	3			
Jackson	8				
	6	5			
	5	5			
	3	3			
Mitchell	8	7			
	6	5			
	4	4			
	4	4			
Heskiaoff	8	7			
	8	7			
	6	6			
	5	4			
	5	4			
Killbridge	9	8			
	7	7			
	6	5			
	4	4			

Tablas 5.10 Resultados Existentes para las Estaciones de Trabajo Alta Varianza

Estaciones de trabajo					
Soluciones existentes para Alta varianza					
Problemas	WS totales (WS2)		n2	\bar{y}_2	σ_2^2
Mertens	5		71	5.239	2.556
	5	5 5			
	3	3 3			
	3	3 2			
Bowman	6	6 6			
Jaeschke	7	7 7			
	7	7 7			
	3	3 3			
Jackson	7				
	5	5 5			
	5	5 5			
	3	3 3			
Mitchell	8	7 7			
	6	6 5			
	4	4 4			
	4	4 4			
Heskiaoff	8	7 7			
	7	7 6			
	6	6 5			
	5	4 4			
	4	4 4			
Killbridge	8	8 8			
	7	7 6			
	6	6 5			
	4	4 4			

Se consideran las mismas hipótesis mencionadas previamente:

- Hipótesis nula: La solución generada con la adaptación de los algoritmos genéticos con reglas de decisión ¿generará un número igual de estaciones de trabajo respecto a los problemas establecidos por el autor: Adil Baykasoglu en su artículo “Balanceo de línea-U estocástico utilizando algoritmos genéticos”?

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \text{ o en forma equivalente } H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

- Hipótesis alternativa: La solución generada con la adaptación de los algoritmos genéticos con reglas de decisión ¿generará un número mayor de estaciones de trabajo respecto a los problemas establecidos por el autor: Adil Baykasoglu en su artículo “Balanceo de línea-U estocástico utilizando algoritmos genéticos”?

$$H_A : \mu_1 > \mu_2 \text{ o en forma equivalente } H_A : \mu_1 - \mu_2 > 0$$

Cálculo del estadístico Z.

$$Z = \frac{5.465 - 5.239}{\sqrt{\frac{3.052}{71} + \frac{2.556}{71}}} = 0.804$$

Para el nivel de significancia $\alpha = 0.05$ el valor de $Z_\alpha = 1.645$. [Devore 2008]

En la figura 5.3 se observa el área donde se encuentran ambos valores de Z. El valor calculado de Z cae dentro de la zona de aceptación, por este motivo se acepta la hipótesis nula H_0 , no hay diferencia significativa en la media del número de estaciones de trabajo,

por lo tanto, se considera que el número de estaciones de trabajo es igual para ambos métodos de solución.

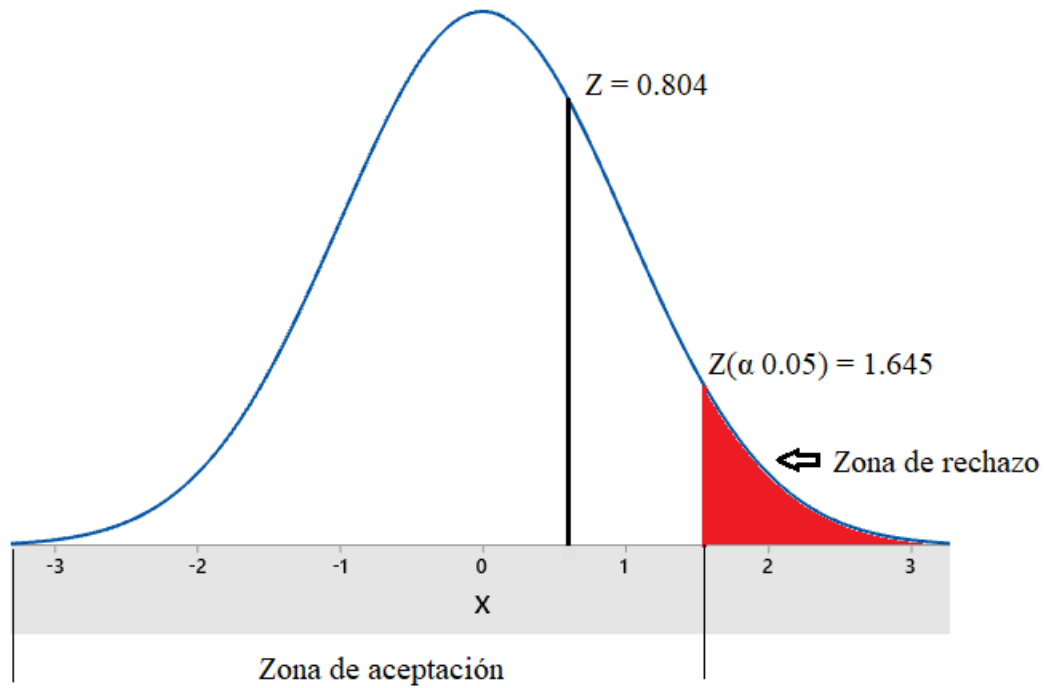


Figura 5.3 Área para $Z = 0.804$

5.2.5 Tiempo Computacional (CPT) en Alta Varianza

Las tablas 5.11 y 5.12 muestran el tiempo computacional de las soluciones del algoritmo para alta varianza y las soluciones existentes en la literatura respectivamente, así como el tamaño, la media y la varianza de la muestra.

Tablas 5.11 Resultados para el Tiempo Computacional del Algoritmo Alta Varianza

Tiempos computacionales							
Soluciones del algoritmo para Alta varianza							
Problemas	CPT(CPT1)			n1	\bar{X}_1	σ_1^2	
Mertens			0.056	71	0.146	0.009	
		0.078	0.032				0.031
		0.141	0.071				0.03
		0.149	0.11				0.049
Bowman	0.07	0.032	0.108				
Jaeschke	0.132	0.036	0.033				
	0.033	0.071	0.059				
	0.152	0.121	0.1				
Jackson			0.027				
		0.098	0.074	0.036			
		0.068	0.084	0.1			
		0.116	0.044	0.035			
Mitchell	0.08	0.083	0.093				
	0.196	0.092	0.092				
	0.257	0.173	0.16				
	0.269	0.219	0.185				
Heskiaoff	0.298	0.143	0.101				
	0.491	0.135	0.128				
	0.2	0.157	0.149				
	0.15	0.184	0.114				
	0.249	0.192	0.21				
Killbridge	0.198	0.201	0.172				
	0.288	0.214	0.226				
	0.313	0.302	0.276				
	0.345	0.331	0.302				

Tablas 5.12 Resultados Existentes para el Tiempo Computacional Alta Varianza

Tiempos computacionales						
Soluciones existentes para Alta varianza						
Problemas	CPT (CPT2)			n2	\bar{y}_2	σ_2^2
Mertens			6.172	71	0.991	2.327
	0.1	0.18	0.14			
	0.13	0.125	0.11			
	0.09	0.078	0.075			
Bowman	7.12	0.171	0.2			
Jaeschke	0.922	0.531	1.47			
	0.125	0.219	0.187			
	0.234	0.175	0.3			
Jackson			0.203			
	2.04	0.985	1.402			
	0.891	0.25	0.772			
	0.766	0.187	0.31			
Mitchell	0.344	0.231	0.516			
	0.782	0.344	1.89			
	5.468	0.562	0.281			
	0.174	0.235	0.344			
Heskiaoff	0.547	1.641	0.437			
	1.976	0.563	5.593			
	0.48	0.53	1.453			
	0.691	0.328	0.531			
	0.531	0.657	0.18			
Killbridge	0.61	5.547	0.594			
	0.609	0.984	4.14			
	0.782	0.39	0.797			
	0.593	0.781	0.593			

Se consideran las mismas hipótesis mencionadas previamente:

- Hipótesis nula: Los tiempos computaciones de las soluciones optimas con la adaptación los algoritmos genéticos con reglas de decisión ¿será igual que el establecido por el autor: Adil Baykasoglu en su artículo “Balanceo de línea-U estocástico utilizando algoritmos genéticos”?

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \text{ o en forma equivalente } H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

- Hipótesis alternativa: Los tiempos computaciones de las soluciones optimas con la adaptación los algoritmos genéticos con reglas de decisión ¿será mejor que el establecido por el autor: Adil Baykasoglu en su artículo “Balanceo de línea-U estocástico utilizando algoritmos genéticos”?

$$H_A : \mu_1 < \mu_2 \text{ o en forma equivalente } H_A : \mu_1 - \mu_2 < 0$$

Cálculo de estadístico Z.

$$Z = \frac{0.146 - 0.991}{\sqrt{\frac{0.009}{71} + \frac{2.327}{71}}} = -4.658$$

Para el nivel de significancia $\alpha = 0.05$ el valor de $Z_\alpha = 1.645$. [Devore 2008]

En la figura 5.4 se observa el área donde se encuentran ambos valores de Z. El valor calculado de Z cae dentro de la zona de rechazo, por este motivo se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_A , hay una diferencia en la media del tiempo computacional, por lo tanto, se considera que el tiempo computacional de las soluciones del algoritmo es mejor que el de la solución existente.

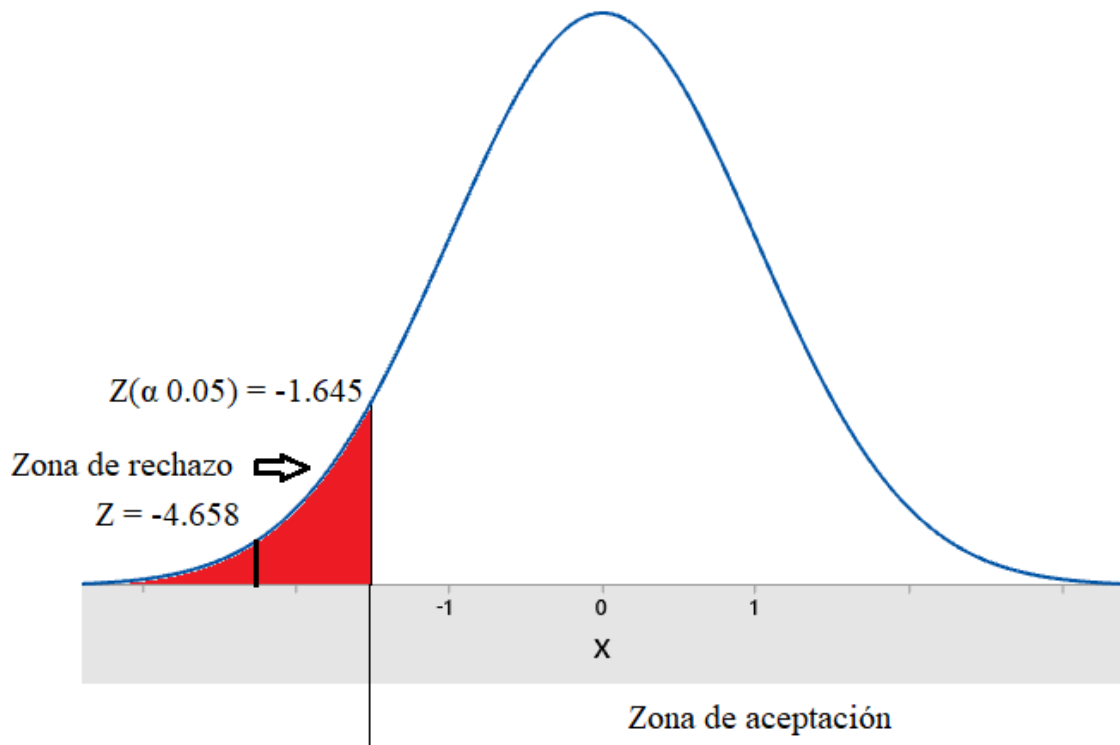


Figura 5.4 Área para $Z = -4.658$

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del análisis de los resultados podemos afirmar que el algoritmo evaluado (Algoritmo de Codificación Directa Modificado para Resolver el UALBP-1 Estocástico) brinda mejores soluciones para los problemas de alta varianza, únicamente para el resultado WS Mayor se observa una diferencia de 4%, pero en los resultados restantes los porcentajes son mejores. Se puede observar que se encontraron 6 soluciones mejores a las existentes. Las soluciones para algunos problemas muestran variación por una estación de trabajo adicional como máximo, aunque en la mayoría el número de las estaciones de trabajo son similares a las existentes, referente a los tiempos computacionales no se observa gran diferencia, la mayoría de los tiempos está por debajo de 1 segundo. Debido a que las varianzas de ambas soluciones fueron generadas aleatoriamente resulta difícil concluir que algoritmo brinda la mejor solución al problema de balanceo de línea en forma de U estocástico tipo 1. Para tener una comparación más realista sería necesario realizar el estudio computacional con varianzas iguales.

Por otra parte, se reafirma la efectividad de los algoritmos genéticos computacionales para solución de problemas complejos. Con los resultados obtenidos se tiene una idea más clara de las soluciones que es capaz de mostrar el algoritmo, como medida de evaluación de la solución el algoritmo muestra el SI (índice de suavidad) pero también existen tres medidas que ayudan a evaluar la solución. Un trabajo futuro podría considerar:

Mejorar el algoritmo e incorporar estas tres medidas de evaluación de la solución:

1. Balance delay
2. Eficiencia de línea
3. Eficiencia del balance

REFERENCIAS

- Gallego Rendon Ramon Alfonso, Escobar Zuluaga Antonio, Toro Ocampo Eliana Mirledy
Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira - Risaralda – Colombia, Romero
Lázaro Rubén Augusto Universidad de Estadual Paulista UNESP Ilha Solteira -
Sao Paulo – Brasil. (2015) Técnicas Heurísticas Y Metaheurísticas De
Optimización, Universidad Tecnológica de Pereira.
- Maldonado Carlos Eduardo, (2016) Metaheurísticas y Resolución de Problemas
Complejos, Article, Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia 16.33.
- Martínez U, y Duff W. (2004). “Heuristic approaches to solve the u-shaped line balancing
problem augmented by genetic algorithms”. Proceedings of the 2004 Systems and
Information Engineering Design Symposium , pp. 287-294.
- Martínez U. (2015). “Metaheuristics Approach to Solving U-Shaped Assembly Line
Balancing Problems using a Rule-Base Coded Genetic Algorithm”. (Doctoral
dissertation). Colorado State University.
- Orejuela Cabrera Juan Pablo y Flórez González Andrés (2019) INGE CUC, vol. 15 no. 1,
pp. 109-122, Balanceo de líneas de producción en la industria farmacéutica
mediante Programación por metas.
- Adil Baykasoğlu . Lale Özbakır. (2006) Stochastic U-line balancing using genetic
algorithms. Springer-Verlag London Limited.
- Salveson ME (1955) The assembly line balancing problem. J Ind Eng 6:18–25.

- Esparza Alba David (2009) EDA para la Resolución de problemas de Optimización con Restricciones. Tesis de Maestría en Ciencias con Especialidad en Computación y Matemáticas Industriales.
- Restrepo Correa Jorge Hernán (2010) Aplicación de la programación dinámica para resolver el problema simple de balanceo de línea de ensamble. *Scientia et Technica* Año XVII, No 46, Diciembre 2010. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Cortez Augusto, “Teoría de la complejidad computacional y teoría de la computabilidad”, *RISI. Revista de Investigación de Sistemas e Informática*, vol. 1, núm. 1, 2004, pp. 102-105.
- Cruz Chávez Marco Antonio, Moreno Bernal Pedro, Jesús Del Carmen Peralta Abarca Jesús, Aplicación de la teoría de la complejidad en optimización combinatoria, *Revista inventio La génesis de la cultura universitaria en Morelos* 2014.
- Shady Salama, Alyaa Abdelhalim and Amr B. Eltawil (2017). *Mathematical Modeling Approaches to Solve the Line Balancing Problem*. Egypt-Japan University of Science and Technology.
- Isil Basak Akgül. *Balancing Assembly Lines with Given Number of Machines per Workstation* (2017). Master of Science.
- Franco Guerriero, John Miltenburg (2003). *The stochastic U-Line balancing Problem Article*. *Naval Research Logistics*.
- Urban TL, Chiang WC (2006) An optimal piecewise-linear program for the U-line balancing problem with stochastic task times. *Eur J Oper Res* 168(3):771–782
- Scholl, A., 1993. Data of assembly line balancing problems, *Schriften zur Quantitativen Betriebswirtschaftslehre*, 16/93, TH Darmstadt. Cited by A. Scholl, 1999. *Balancing and Sequencing of Assembly Lines*, second ed. Physica-Verlag, Heidelberg, p. 233.

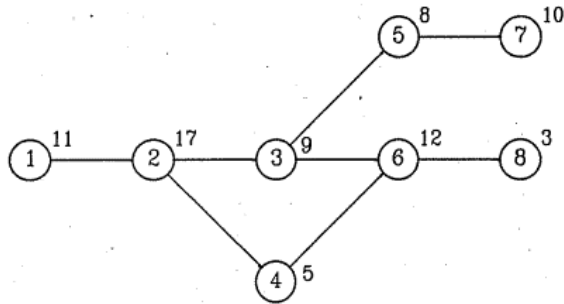
Devore Jay L, 2008, Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias, Séptima ed.
California Polytechnic State University, San Luis Obispo, Cengage Learning
Editores, S.A. de C.V.

ANEXOS

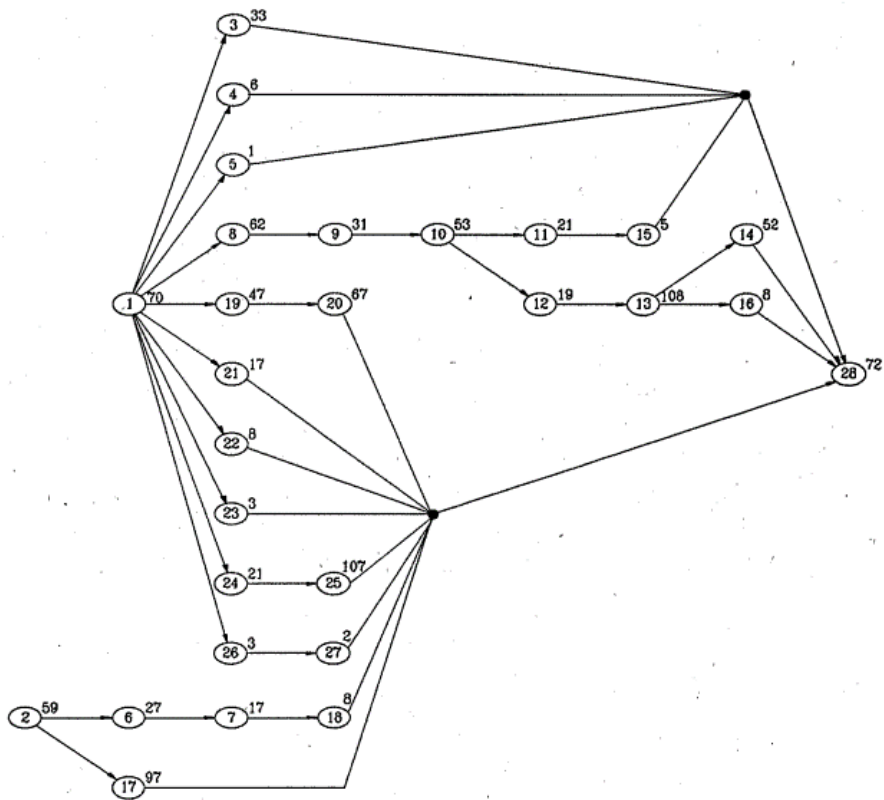
ANEXO 1

Diagramas de precedencia

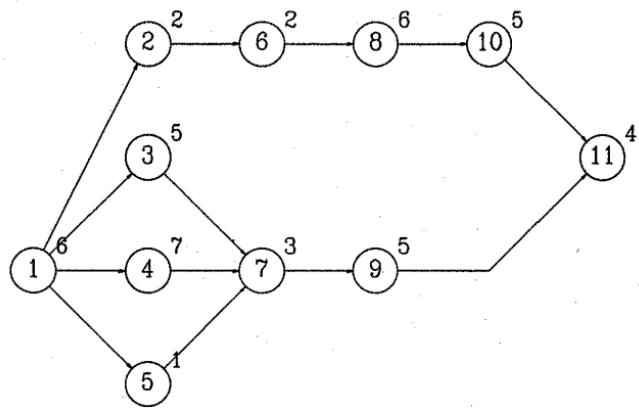
Bowman: 8 tareas Bowman (1960)



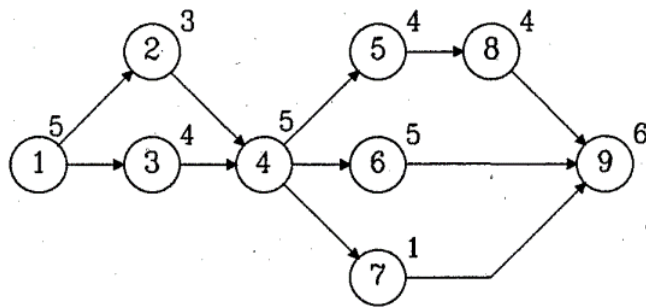
Heskiaoff: 28 tareas, Heskiaoff (1968)



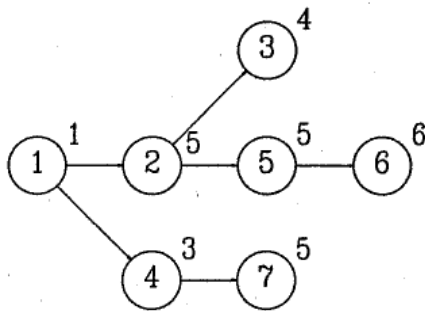
Jackson: 11 tareas, Jackson (1956)



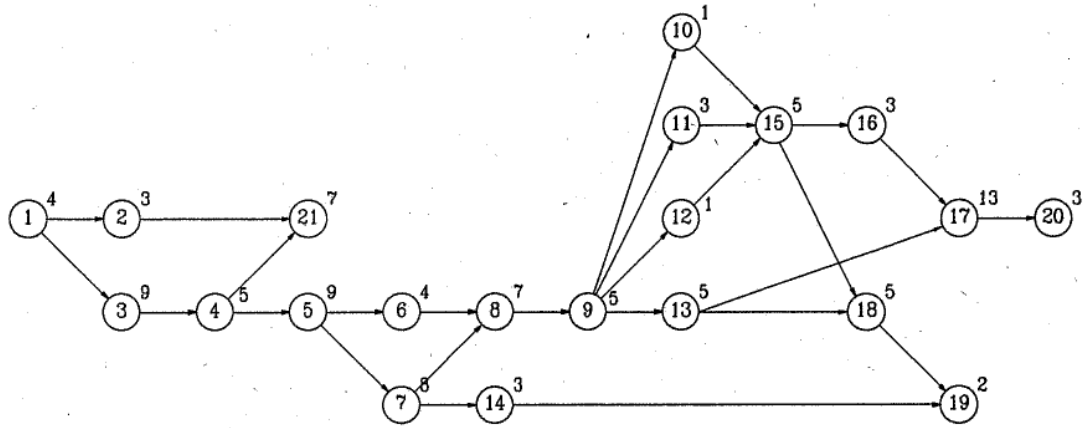
Jaeschke: 9 tareas, Jaeschke (1964)



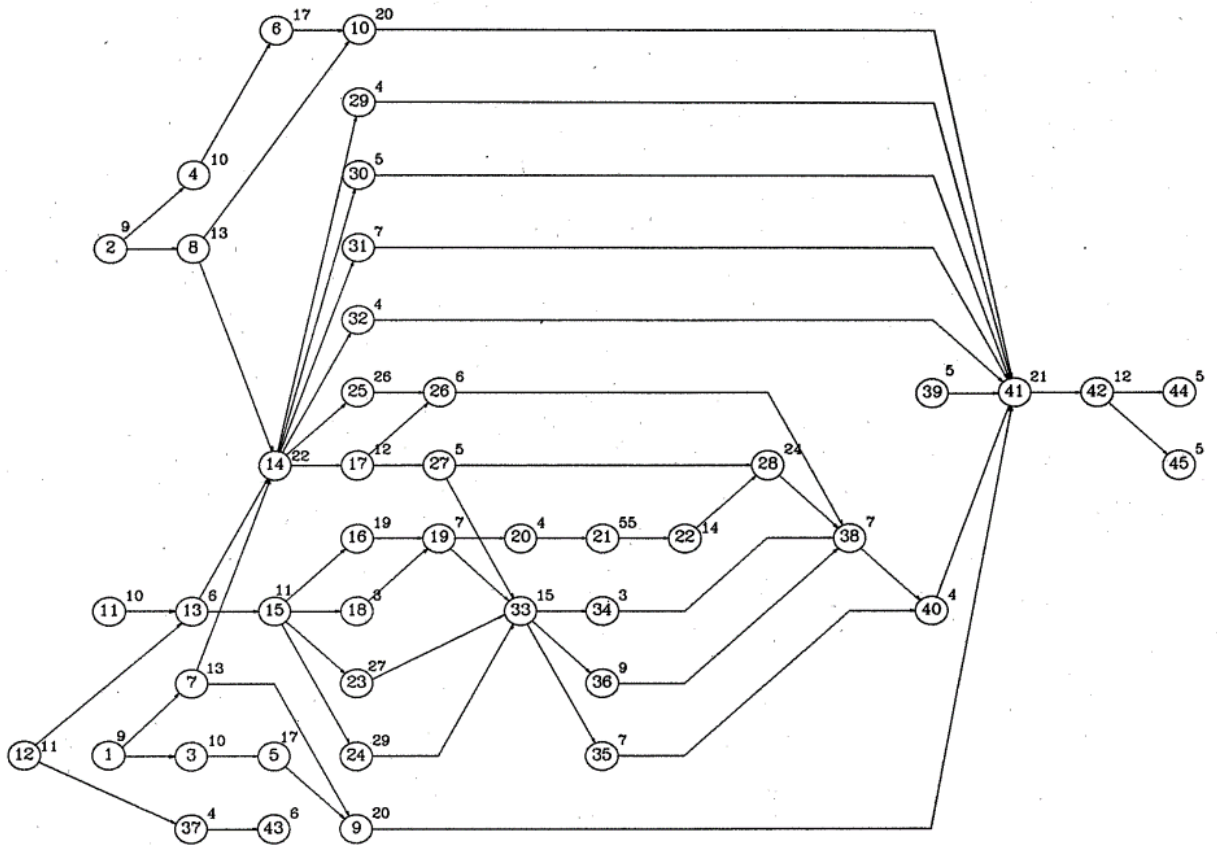
Mertens: 7 treas, Mertens (1967)



Mitchell: 21 tareas, Mitchell (1957)



Killbridge: 45 tareas, Killbridge (1962)



ANEXO 2

Datos para el algoritmo alta varianza

1. Bowman

Tarea	Media del tiempo de tarea (μ)	Varianza (σ^2)	Precedencia
1	11	14.26	0
2	17	0.847	1
3	9	15.059	2
4	5	4.608	2
5	8	9.366	3
6	12	1.616	3,4
7	10	13.34	5
8	3	0.346	6

Tiempo de ciclo 20

Población inicial	Generaciones
Probabilidad 97.5, 95, 90%	Iteraciones 20
$K(1-\alpha) = 1.96, 1.645, 1.28$	Hijos 20%
Numero de cromosomas 20	Mutados 10%
CT = 20	Preservados 10 %

2. Heskiaoff

Tarea	Media del tiempo de tarea (μ)	Varianza (σ^2)	Precedencia
1	70	438.339	0
2	59	360.668	0
3	33	60.264	1
4	6	5.2	1
5	1	0.13	1
6	27	24.105	2
7	17	26.426	6
8	62	274.249	1
9	31	170.99	8
10	53	327.093	9
11	21	64.27	10
12	19	58.08	10
13	108	1548.974	12
14	52	556.544	13
15	5	6.23	11
16	8	5.036	13
17	97	2292.926	2
18	8	1.463	7
19	47	434.369	1
20	67	658.239	19
21	17	52.03	1
22	8	12.503	1
23	3	1.786	1
24	21	27.48	1
25	107	1445.121	24
26	3	1.264	1
27	2	0.671	26
28	72	9.82	3,4,5,14,15,16,17,18,20,21,22,23, 25,27

Tiempo de ciclo 205, 216, 256, 324, 342

Población inicial	Generaciones
Probabilidad 97.5, 95, 90%	Iteraciones 20
$K(1-\alpha) = 1.96, 1.645, 1.28$	Hijos 20%
Numero de cromosomas 20	Mutados 10%
CT = 205	Preservados 10 %

3. Jackson

Tarea	Media del tiempo de tarea (μ)	Varianza (σ^2)	Precedencia
1	6	0.778	0
2	2	0.888	1
3	5	1.642	1
4	7	1.022	1
5	1	0.223	1
6	2	0.823	2
7	3	1.172	3,4,5
8	6	0.387	6
9	5	2.41	7
10	5	2.274	8
11	4	0.585	9,10

Tiempo de ciclo 9, 10, 13, 14, 21

Población inicial	Generaciones
Probabilidad 97.5, 95, 90%	Iteraciones 20
$K(1-\alpha) = 1.96, 1.645, 1.28$	Hijos 20%
Numero de cromosomas 20	Mutados 10%
CT = 9	Preservados 10 %

4. Jaeschke

Tarea	Media del tiempo de tarea (μ)	Varianza (σ^2)	Precedencia
1	5	0.91	0
2	3	0.753	1
3	4	1.539	1
4	5	0.038	2,3
5	4	0.47	4
6	5	0.869	4
7	1	0.084	4
8	4	1.489	5
9	6	0.091	6,7,8

Tiempo de ciclo 6, 7, 8, 10, 18

Población inicial	Generaciones
Probabilidad 97.5, 95, 90%	Iteraciones 20
$K(1-\alpha) = 1.96, 1.645, 1.28$	Hijos 20%
Numero de cromosomas 20	Mutados 10%
CT = 6	Preservados 10 %

5. Killbridge

Tarea	Media del tiempo de tarea (μ)	Varianza (σ^2)	Precedencia
1	9	8.331	0
2	9	0.965	0
3	10	0.933	1
4	10	16.113	2
5	17	37.966	3
6	17	57.539	4
7	13	22.695	1
8	13	19.967	2
9	20	35.284	5,7
10	20	1.205	6,8
11	10	21.529	0
12	11	22.383	0
13	6	4.741	11,12
14	22	87.918	7,8,13
15	11	14.01	13
16	19	88.416	15
17	12	7.474	14
18	3	1.775	15
19	7	5.027	16,18
20	4	0.902	19
21	55	60.734	20
22	14	46.487	21
23	27	148.089	15
24	29	7.801	15
25	26	55.5	14
26	6	2.189	17,25
27	5	0.663	17
28	24	41.702	22,27
29	4	3.03	14
30	5	5.969	14
31	7	9.636	14
32	4	3.097	14
33	15	6.536	19,23,24,27
34	3	2.131	33
35	7	4.789	33
36	9	16.747	33

37	4	3.424	12
38	7	8.558	26,28,34,36
39	5	1.857	0
40	4	1.658	35,38
41	21	108.658	9,10,29,30,31,32,39,40
42	12	4.041	41
43	6	1.086	37
44	5	3.52	42
45	5	1.585	42
Tiempo de ciclo 79, 92, 110, 138, 184			

Población inicial	Generaciones
Probabilidad 97.5, 95, 90%	Iteraciones 20
$K(1-\alpha) = 1.96, 1.645, 1.28$	Hijos 20%
Numero de cromosomas 20	Mutados 10%
CT = 79	Preservados 10 %

6. Mertens

Tarea	Media del tiempo de tarea (μ)	Varianza (σ^2)	Precedencia
1	1	0.19	0
2	5	2.321	1
3	4	3.919	2
4	3	2.088	1
5	5	2.211	2
6	6	1.026	5
7	5	0.33	4
Tiempo de ciclo 8, 10, 15, 18			

Población inicial	Generaciones
Probabilidad 97.5, 95, 90%	Iteraciones 20
$K(1-\alpha) = 1.96, 1.645, 1.28$	Hijos 20%
Numero de cromosomas 20	Mutados 10%
CT = 8	Preservados 10 %

7. Mitchell

Tarea	Media del tiempo de tarea (μ)	Varianza (σ^2)	Precedencia
1	4	0.642	0
2	3	0.533	1
3	9	1.73	1
4	5	4.557	3
5	9	6.705	4
6	4	1.357	5
7	8	10.176	5
8	7	3.333	6,7
9	5	0.191	8
10	1	0.192	9
11	3	1.333	9
12	1	0.076	9
13	5	5.602	9
14	3	0.374	7
15	5	0.049	10,11,12
16	3	2.162	15
17	13	0.946	13,16
18	5	5.761	13,15
19	2	0.599	14,18
20	3	0.64	17
21	7	8.127	2,4

Tiempo de ciclo 15, 21, 26, 35, 39

Población inicial	Generaciones
Probabilidad 97.5, 95, 90%	Iteraciones 20
$K(1-\alpha) = 1.96, 1.645, 1.28$	Hijos 20%
Numero de cromosomas 20	Mutados 10%
CT = 15	Preservados 10 %

ANEXO 3

Datos para el algoritmo baja varianza

1. Bowman

Tarea	Media del tiempo de tarea (μ)	Varianza (σ^2)	Precedencia
1	11	3.14	0
2	17	1.149	1
3	9	2.026	2
4	5	0.147	2
5	8	1.741	3
6	12	4.779	3,4
7	10	0.995	5
8	3	0.335	6

Tiempo de ciclo 20

Población inicial	Generaciones
Probabilidad 97.5, 95, 90%	Iteraciones 20
$K(1-\alpha) = 1.96, 1.645, 1.28$	Hijos 20%
Numero de cromosomas 20	Mutados 10%
CT = 20	Preservados 10 %

2. Heskiaoff

Tarea	Media del tiempo de tarea (μ)	Varianza (σ^2)	Precedencia
1	70	24.37	0
2	59	150.328	0
3	33	58.423	1
4	6	1.115	1
5	1	0.062	1
6	27	4.052	2
7	17	9.604	6
8	62	186.552	1
9	31	3.24	8
10	53	16.754	9
11	21	27.369	10
12	19	6.556	10
13	108	12.27	12
14	52	44.38	13
15	5	1.53	11
16	8	2.143	13
17	97	62.453	2
18	8	0.078	7
19	47	49.139	1
20	67	35.289	19
21	17	11.976	1
22	8	0.196	1
23	3	0.2	1
24	21	23.948	1
25	107	344.311	24
26	3	0.159	1
27	2	0.047	26
28	72	61.895	3,4,5,14,15,16,17,18,20,21,22,23, 25,27

Tiempo de ciclo 205, 216, 256, 324, 342

Población inicial	Generaciones
Probabilidad 97.5, 95, 90%	Iteraciones 20
$K(1-\alpha) = 1.96, 1.645, 1.28$	Hijos 20%
Numero de cromosomas 20	Mutados 10%
CT = 205	Preservados 10 %

3. Jackson

Tarea	Media del tiempo de tarea (μ)	Varianza (σ^2)	Precedencia
1	6	1.348	0
2	2	0.202	1
3	5	1.37	1
4	7	0.615	1
5	1	0.011	1
6	2	0.214	2
7	3	0.03	3,4,5
8	6	0.894	6
9	5	1.24	7
10	5	0.771	8
11	4	0.018	9,10

Tiempo de ciclo 9, 10, 13, 14, 21

Población inicial	Generaciones
Probabilidad 97.5, 95, 90%	Iteraciones 20
$K(1-\alpha) = 1.96, 1.645, 1.28$	Hijos 20%
Numero de cromosomas 20	Mutados 10%
CT = 9	Preservados 10 %

4. Jaeschke

Tarea	Media del tiempo de tarea (μ)	Varianza (σ^2)	Precedencia
1	5	0.871	0
2	3	0.406	1
3	4	0.021	1
4	5	0.247	2,3
5	4	0.365	4
6	5	0.562	4
7	1	0.012	4
8	4	0.832	5
9	6	0.147	6,7,8

Tiempo de ciclo 6, 7, 8, 10, 18

Población inicial	Generaciones
Probabilidad 97.5, 95, 90%	Iteraciones 20
$K(1-\alpha) = 1.96, 1.645, 1.28$	Hijos 20%
Numero de cromosomas 20	Mutados 10%
CT = 6	Preservados 10 %

5. Killbridge

Tarea	Media del tiempo de tarea (μ)	Varianza (σ^2)	Precedencia
1	9	3.352	0
2	9	1.018	0
3	10	3.852	1
4	10	3.77	2
5	17	2.428	3
6	17	13.986	4
7	13	9.113	1
8	13	3.885	2
9	20	4.952	5,7
10	20	21.212	6,8
11	10	3.963	0
12	11	7.061	0
13	6	0.879	11,12
14	22	20.388	7,8,13
15	11	7.27	13
16	19	1.244	15
17	12	5.928	14
18	3	0.089	15
19	7	0.794	16,18
20	4	0.083	19
21	55	33.548	20
22	14	6.311	21
23	27	19.711	15
24	29	45.689	15
25	26	37.191	14
26	6	0.808	17,25
27	5	0.693	17
28	24	23.705	22,27
29	4	0.019	14
30	5	0.62	14
31	7	2.836	14
32	4	0.304	14
33	15	0.186	19,23,24,27
34	3	0.118	33
35	7	0.336	33
36	9	1.569	33

37	4	0.608	12
38	7	1.672	26,28,34,36
39	5	0.975	0
40	4	0.58	35,38
41	21	13.212	9,10,29,30,31,32,39,40
42	12	5.799	41
43	6	0.066	37
44	5	0.216	42
45	5	1.525	42
Tiempo de ciclo 79, 92, 110, 138, 184			

Población inicial	Generaciones
Probabilidad 97.5, 95, 90%	Iteraciones 20
$K(1-\alpha) = 1.96, 1.645, 1.28$	Hijos 20%
Numero de cromosomas 20	Mutados 10%
CT = 79	Preservados 10 %

6. Mertens

Tarea	Media del tiempo de tarea (μ)	Varianza (σ^2)	Precedencia
1	1	0.017	0
2	5	0.165	1
3	4	0.257	2
4	3	0.541	1
5	5	0.987	2
6	6	0.976	5
7	5	1.556	4
Tiempo de ciclo 8, 10, 15, 18			

Población inicial	Generaciones
Probabilidad 97.5, 95, 90%	Iteraciones 20
$K(1-\alpha) = 1.96, 1.645, 1.28$	Hijos 20%
Numero de cromosomas 20	Mutados 10%
CT = 8	Preservados 10 %

7. Mitchell

Tarea	Media del tiempo de tarea (μ)	Varianza (σ^2)	Precedencia
1	4	0.054	0
2	3	0.115	1
3	9	2.104	1
4	5	1.407	3
5	9	2.846	4
6	4	0.641	5
7	8	1.358	5
8	7	0.159	6,7
9	5	0.996	8
10	1	0.032	9
11	3	0.362	9
12	1	0.039	9
13	5	0.44	9
14	3	0.445	7
15	5	1.34	10,11,12
16	3	0.051	15
17	13	0.115	13,16
18	5	0.373	13,15
19	2	0.058	14,18
20	3	0.516	17
21	7	1.753	2,4

Tiempo de ciclo 15, 21, 26, 35, 39

Población inicial	Generaciones
Probabilidad 97.5, 95, 90%	Iteraciones 20
$K(1-\alpha) = 1.96, 1.645, 1.28$	Hijos 20%
Numero de cromosomas 20	Mutados 10%
CT = 15	Preservados 10 %

ANEXO 4

Resultados para el algoritmo alta varianza

1. Bowman

1.1 Tiempo de ciclo 20

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Mean Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	11	14.26	0	Old (3)	[1, 2, 4, 3...	6.92820...	7	70084100		
2	17	0.847	1	Old (2)	[1, 2, 4, 3...	6.92820...	7	74130400		
3	9	15.059	2	Mutation	[1, 2, 4, 3...	8.62409...	8	77844500		
4	5	4.608	2	Mutation	[1, 2, 4, 3...	8.62409...	8	77915600		
5	8	9.366	3	Child	[1, 2, 4, 3...	8.62409...	8	77947800		
6	12	1.616	3,4	Child	[1, 2, 4, 3...	6.92820...	7	77973800		
7	10	13.34	5	Child	[1, 2, 4, 3...	8.62409...	8	78004200		
8	3	0.346	6	Child	[1, 2, 4, 3...	6.92820...	7	78029600		
				New	[1, 2, 3, 4...	7.34846...	7	78034400		
				New	[1, 2, 3, 5...	8.62409...	8	78058800		
				New	[1, 2, 3, 5...	7.34846...	7	78087500		
				New	[1, 2, 3, 5...	7.17137...	7	78115400		
				New	[1, 2, 3, 4...	7.34846...	7	78146500		
				New	[1, 2, 4, 3...	7.11135...	7	78169800		
				New	[1, 2, 3, 5...	7.34846...	7	78188900		
				New	[1, 2, 4, 3...	6.92820...	7	78211500		
				New	[1, 2, 3, 5...	8.62409...	8	78234700		
				New	[1, 2, 3, 4...	7.11135...	7	78263000		
				New	[1, 2, 3, 4...	8.62409...	8	78282000		
				New	[1, 2, 4, 3...	6.92820...	7	78310500		
				Minimum Workstations: 4						

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,7	7	10
2	1,8	1	9
3	2,8	2	3
4	4,8	4	15
4	8	8	12
5	3,6	6	8
6	3,5	5	12
7	3,3	3	11

2. Heskiaoff

2.1 Tiempo de ciclo 205

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Mean Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	70	438.339	0	Old (2)	[2, 17, 1, ...]	17.4140...	8	298249700		
2	59	360.668	0	Old (2)	[1, 26, 3, ...]	22.6991...	8	299726900		
3	33	60.264	1	Mutation	[2, 17, 1, ...]	48.8876...	9	304145800		
4	6	5.2	1	Mutation	[1, 26, 3, ...]	21.9374...	8	304362700		
5	1	0.13	1	Child	[2, 17, 1, ...]	23.4733...	8	304589100		
6	27	24.105	2	Child	[1, 26, 3, ...]	36.9022...	9	304867700		
7	17	26.426	6	Child	[1, 19, 21, ...]	27.2717...	8	304990600		
8	62	274.249	1	Child	[1, 19, 21, ...]	24.9949...	8	305137800		
9	31	170.99	8	New	[2, 17, 1, ...]	60.7407...	9	305175100		
10	53	327.093	9	New	[1, 3, 22, ...]	46.1603...	9	305350000		
11	21	64.27	10	New	[1, 22, 3, ...]	42.2032...	9	305539900		
				New	[2, 1, 5, 6, ...]	30.8562...	9	305771900		
				New	[1, 26, 21, ...]	42.3753...	9	305950300		
				New	[1, 26, 21, ...]	37.3258...	9	306121900		
				New	[2, 17, 6, ...]	31.8660...	9	306301100		
				New	[1, 4, 26, ...]	52.8309...	9	306489200		
				New	[2, 6, 17, ...]	40.5	8	306783500		
				New	[2, 17, 1, ...]	51.0468...	9	307227500		
				New	[2, 17, 6, ...]	50.8254...	9	307389400		
				New	[1, 26, 24, ...]	48.4825...	9	307625600		
Minimum Workstations: 5										

Station	Options	Assigned	Time Left
6	20,10	10	152
6	20,18	18	144
6	20,22	20	77
6	5,22	22	69
6	5,4	5	68
7	8,4	8	143
7	23,4	23	140
7	4	4	134
7	9	9	103
7	7	7	86
8	17,17	17	108

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
18	8	1.463	7	Old (3)	[1, 3, 5, 1, ...]	20.3654...	8	143952500		
19	47	434.369	1	Old (2)	[1, 19, 8, ...]	22.0	8	150845700		
20	67	658.239	19	Mutation	[1, 3, 5, 1, ...]	41.8718...	8	156530300		
21	17	52.03	1	Mutation	[1, 19, 8, ...]	27.6767...	8	156720600		
22	8	12.503	1	Child	[1, 3, 5, 1, ...]	43.5172...	8	156930700		
23	3	1.786	1	Child	[1, 19, 8, ...]	35.9583...	8	157139800		
24	21	27.48	1	Child	[1, 3, 8, 1, ...]	38.6458...	8	157349600		
25	107	1445.121	24	Child	[1, 22, 5, ...]	27.5272...	8	157584300		
26	3	1.264	1	New	[2, 17, 6, ...]	46.7736...	9	157623700		
27	2	0.671	26	New	[2, 1, 3, 5, ...]	29.8412...	8	157861100		
28	72	9.82	3,4,5,14,15...	New	[2, 1, 19, ...]	21.6794...	8	158139300		
				New	[2, 17, 6, ...]	43.9971...	8	158333500		
				New	[1, 3, 5, 2, ...]	17.6988...	8	158906900		
				New	[2, 6, 7, 1, ...]	46.2817...	8	159257700		
				New	[1, 26, 23, ...]	29.7237...	8	159453100		
				New	[1, 5, 21, ...]	42.6321...	8	159628700		
				New	[1, 24, 5, ...]	58.7121...	9	159892000		
				New	[1, 23, 4, ...]	32.0585...	8	160252200		
				New	[1, 2, 23, ...]	32.1753...	8	160775800		
				New	[2, 6, 17, ...]	37.6065...	8	160927700		
Minimum Workstations: 5										

Station	Options	Assigned	Time Left
5	11	11	117
5	10	10	64
6	17,25	17	108
6	26	26	105
7	6,25	6	178
7	27,25	25	71
7	27	27	69
8	7,24	7	188
8	9,24	24	167
8	9,20	9	136
8	20,20	20	69

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

File Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	70	438.339	0	Old (3)	[2, 1, 22, ...	14.7503...	7	101047800			
2	59	360.668	0	Old (2)	[2, 6, 17, ...	28.3448...	7	112048000			
3	33	60.264	1	Mutation	[2, 1, 22, ...	12.4899...	7	113854300			
4	6	5.2	1	Mutation	[2, 6, 17, ...	53.1554...	8	114114100			
5	1	0.13	1	Child	[2, 1, 22, ...	38.0722...	8	114318000			
6	27	24.105	2	Child	[2, 6, 17, ...	53.5653...	8	114480300			
7	17	26.426	6	Child	[2, 1, 21, ...	33.2227...	8	114725900			
8	62	274.249	1	Child	[1, 2, 21, ...	28.6879...	8	114872200			
9	31	170.99	8	New	[1, 5, 21, ...	52.9244...	8	114923600			
10	53	327.093	9	New	[1, 3, 2, 1...	62.3538...	8	115135600			
11	21	64.27	10	New	[2, 17, 1, ...	39.8842...	8	115425700			
				New	[1, 26, 8, ...	54.9681...	8	115781200			
				New	[2, 17, 1, ...	46.0516...	8	116128600			
				New	[1, 23, 2, ...	20.4450...	7	116638500			
				New	[2, 17, 1, ...	56.1337...	8	116879000			
				New	[2, 17, 6, ...	44.0397...	8	117113500			
				New	[2, 17, 1, ...	46.7038...	8	117312700			
				New	[1, 2, 4, 2...	34.6229...	8	117510200			
				New	[1, 3, 8, 2...	40.5246...	8	117729900			
				New	[1, 22, 2, ...	45.0444...	8	121084600			
				Minimum Workstations: 5							
Station	Options	Assigned	Time Left								
5	21,27	27	116								
5	21,20	20	49								
6	21,25	25	98								
6	21,6	21	81								
6	6	6	54								
7	19,4	4	199								
7	19,9	9	168								
7	19,8	19	121								
7	26,8	26	118								
7	23,8	23	115								
7	8,8	8	53								

2.2 Tiempo de ciclo 216

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

File Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	70	438.339	0	Old (3)	[2, 1, 6, 3...	25.9566...	8	491133000			
2	59	360.668	0	Old (3)	[2, 1, 6, 3...	29.0602...	8	503264200			
3	33	60.264	1	Mutation	[2, 1, 6, 3...	58.5073...	9	524267000			
4	6	5.2	1	Mutation	[2, 1, 6, 3...	38.3503...	8	525017300			
5	1	0.13	1	Child	[2, 1, 6, 3...	33.7490...	8	525729300			
6	27	24.105	2	Child	[2, 1, 6, 3...	53.6852...	9	526467800			
7	17	26.426	6	Child	[2, 17, 6, ...	49.0382...	8	526978700			
8	62	274.249	1	Child	[2, 1, 26, ...	53.3455...	8	527473400			
9	31	170.99	8	New	[1, 23, 24, ...	49.0317...	9	527562200			
10	53	327.093	9	New	[2, 6, 1, 2...	46.7520...	8	528362700			
11	21	64.27	10	New	[1, 2, 21, ...	36.6196...	8	529150900			
				New	[2, 1, 5, 2...	28.8183...	8	530471900			
				New	[1, 24, 25...	60.6217...	9	531559900			
				New	[1, 21, 2, ...	45.9510...	8	532235000			
				New	[1, 21, 26...	49.3254...	8	534389500			
				New	[1, 2, 3, 5...	35.5316...	8	535010700			
				New	[1, 8, 22, ...	53.5933...	8	535570900			
				New	[2, 17, 6, ...	56.7900...	9	536692100			
				New	[2, 6, 7, 1...	51.8868...	8	538057900			
				New	[2, 17, 1, ...	24.9899...	8	543601500			
				Minimum Workstations: 5							
Station	Options	Assigned	Time Left								
6	26,11	26	106								
6	11	11	85								
7	20,10	20	149								
7	4,10	10	96								
7	4,18	18	88								
7	4	4	82								
7	23	23	79								
8	7,9	9	185								
8	7,8	8	123								
8	7,27	27	121								
8	7,7	7	104								

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	70	438.339	0	Old (3)	[1, 8, 2, 3...	27.1451...	7	135045100		
2	59	360.668	0	Old (2)	[2, 6, 1, 2...	28.0637...	7	143523400		
3	33	60.264	1	Mutation	[1, 8, 2, 9...	47.0053...	8	150653900		
4	6	5.2	1	Mutation	[2, 6, 1, 2...	53.9119...	8	151197900		
5	1	0.13	1	Child	[1, 8, 2, 3...	54.3507...	8	151484700		
6	27	24.105	2	Child	[2, 6, 1, 2...	42.6438...	8	151772000		
7	17	26.426	6	Child	[2, 1, 21, ...	39.5790...	8	152081400		
8	62	274.249	1	Child	[1, 21, 3, ...	30.4279...	7	152343800		
9	31	170.99	8	New	[1, 19, 23, ...	50.0449...	8	152400700		
10	53	327.093	9	New	[1, 22, 8, ...	31.8433...	8	152944000		
11	21	64.27	10	New	[1, 2, 6, 4...	52.2063...	8	153208400		
5	24,17	17	119	New	[2, 17, 1, ...	70.4398...	9	153538600		
5	24,9	24	98	New	[2, 17, 1, ...	48.1975...	8	153986100		
5	21	21	81	New	[1, 26, 19, ...	20.8189...	7	154304800		
6	4,9	4	210	New	[2, 17, 6, ...	43.9829...	8	154916800		
6	25,9	25	103	New	[1, 24, 25, ...	80.5991...	9	155240100		
6	3,9	9	72	New	[2, 6, 17, ...	35.4964...	8	156400600		
7	3,2	3	183	New	[1, 22, 3, ...	49.0178...	8	156743300		
7	27,2	2	124	New	[2, 17, 1, ...	49.2138...	8	157279600		
7	27,5	5	123	New	[1, 4, 22, ...	40.8809...	8	158035200		
7	27,8	27	121							
7	8,8	8	59							

Minimum Workstations: 5

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	70	438.339	0	Old (9)	[2, 17, 6, ...	23.7577...	7	128664600		
2	59	360.668	0	Old (2)	[2, 17, 6, ...	23.8507...	7	129670900		
3	33	60.264	1	Mutation	[2, 17, 6, ...	31.5979...	7	134192700		
4	6	5.2	1	Mutation	[2, 17, 6, ...	49.4595...	8	134396700		
5	1	0.13	1	Child	[2, 17, 6, ...	69.9052...	8	134511900		
6	27	24.105	2	Child	[2, 17, 6, ...	25.9890...	7	134616100		
7	17	26.426	6	Child	[1, 21, 19, ...	34.7932...	7	134841800		
8	62	274.249	1	Child	[2, 17, 6, ...	36.6625...	7	135023600		
9	31	170.99	8	New	[2, 1, 5, 2...	24.6170...	7	135059600		
10	53	327.093	9	New	[1, 22, 23, ...	58.4529...	8	135279200		
11	21	64.27	10	New	[2, 1, 24, ...	19.7484...	7	135551100		
5	6,10	10	163	New	[2, 1, 23, ...	59.3274...	8	135800600		
5	6,21	6	136	New	[1, 21, 8, ...	64.2378...	8	136078000		
5	21	21	119	New	[1, 19, 22, ...	37.5252...	7	136232200		
5	9	9	88	New	[1, 23, 2, ...	41.3400...	8	136429100		
5	5	5	87	New	[1, 8, 21, ...	25.8788...	7	136615500		
5	26	26	84	New	[2, 6, 7, 1...	75.1681...	8	136824800		
6	25,20	20	149	New	[1, 21, 24, ...	40.2527...	7	137018400		
6	4	4	143	New	[1, 26, 2, ...	28.7873...	7	137151400		
6	8	8	81	New	[2, 1, 23, ...	52.4380...	8	137309500		
7	25,19	19	169							
7	25,25	25	62							

Minimum Workstations: 5

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

File Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	70	438.339	0	Old (5)	[2, 6, 7, 1...	24.0554...	6	149066700		
2	59	360.668	0	Old (3)	[2, 6, 7, 1...	30.7137...	6	142921900		
3	33	60.264	1	Mutation	[2, 6, 7, 1...	48.6175...	6	156654300		
4	6	5.2	1	Mutation	[2, 6, 7, 1...	52.4626...	6	157351100		
5	1	0.13	1	Child	[2, 6, 7, 1...	43.6310...	6	157619700		
6	27	24.105	2	Child	[2, 6, 7, 1...	52.8204...	6	158515000		
7	17	26.426	6	Child	[2, 17, 6, ...	42.0515...	6	158914200		
8	62	274.249	1	Child	[2, 17, 6, ...	45.7128...	6	159440100		
9	31	170.99	8	New	[2, 17, 1, ...	39.9082...	6	159481300		
10	53	327.093	9	New	[1, 19, 2, ...	57.5586...	6	159830300		
11	21	64.27	10	New	[2, 17, 1, ...	55.2931...	6	160170200		
12	16	20.22	11	New	[1, 4, 22, ...	46.9006...	6	160528100		
13	16	20.22	11	New	[1, 5, 24, ...	41.2027...	6	160692700		
14	19,9	9	97	New	[1, 24, 25, ...	59.8303...	6	161092400		
15	27	27	95	New	[1, 26, 23, ...	64.4696...	6	161456700		
16	22	22	87	New	[1, 24, 23, ...	52.2940...	6	161894700		
17	23	23	84	New	[2, 1, 21, ...	56.5891...	6	162393700		
18	19,20	19	209	New	[1, 22, 21, ...	63.1796...	6	162701700		
19	21,20	21	192	New	[2, 1, 4, 8, ...	30.6757...	6	163054500		
20	17,20	17	95	New	[1, 8, 23, ...	53.8516...	6	163233500		
21	3,20	3	223							
22	7,20	7	206							
23	18,20	20	139							
24	18,18	18	131							

Station	Options	Assigned	Time Left
4	19,9	9	97
4	27	27	95
4	22	22	87
4	23	23	84
5	19,20	19	209
5	21,20	21	192
5	17,20	17	95
6	3,20	3	223
6	7,20	7	206
6	18,20	20	139
6	18,18	18	131

Minimum Workstations: 5

2.4 Tiempo de ciclo 324

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

File Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
18	8	1.463	7	Old (2)	[1, 26, 19...	19.5703...	5	150940000		
19	47	434.369	1	Old (2)	[2, 6, 17, ...	23.2723...	5	151175100		
20	67	658.239	19	Mutation	[1, 26, 19...	59.2621...	5	155224700		
21	17	52.03	1	Mutation	[2, 6, 17, ...	25.4440...	5	155645300		
22	8	12.503	1	Child	[1, 26, 19...	27.9928...	5	156043200		
23	3	1.786	1	Child	[2, 6, 17, ...	17.2162...	5	156200700		
24	21	27.48	1	Child	[1, 26, 19...	66.3149...	6	156358600		
25	107	1445.121	24	Child	[1, 26, 19...	24.5560...	5	156680600		
26	3	1.264	1	New	[1, 5, 2, 1...	34.0910...	5	156716800		
27	2	0.671	26	New	[2, 17, 1, ...	64.7317...	5	156906400		
28	72	9.82	3,4,5,14,15...	New	[2, 6, 7, 1...	40.4450...	5	157273600		
29				New	[2, 17, 6, ...	32.7780...	5	157428100		
30				New	[2, 1, 21, ...	33.0060...	5	157669000		
31	19,20	20	257	New	[2, 6, 1, 2...	80.5108...	5	157813400		
32	19,18	19	210	New	[2, 6, 1, 7...	53.9314...	5	158025200		
33	27,18	27	208	New	[1, 22, 19...	67.1669...	5	158217700		
34	22,18	22	200	New	[1, 21, 19...	39.8145...	5	158461700		
35	23,18	23	197	New	[2, 17, 6, ...	39.8748...	5	158657600		
36	4,18	4	191	New	[1, 21, 22...	49.2463...	5	158956700		
37	24,18	24	170	New	[2, 6, 17, ...	55.1017...	5	159170000		
38	5,18	18	162							
39	5,7	7	145							
40	5,3	5	144							
41	3,3	3	111							

Station	Options	Assigned	Time Left
5	19,20	20	257
5	19,18	19	210
5	27,18	27	208
5	22,18	22	200
5	23,18	23	197
5	4,18	4	191
5	24,18	24	170
5	5,18	18	162
5	5,7	7	145
5	5,3	5	144
5	3,3	3	111

Minimum Workstations: 4

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
18	8	1.463	7	Old (2)	[2, 6, 1, 2...	41.1922...	5	184997200			
19	47	434.369	1	Old (2)	[2, 6, 1, 8...	44.3644...	5	187268100			
20	67	658.239	19	Mutation	[2, 6, 1, 2...	58.3112...	5	189263600			
21	17	52.03	1	Mutation	[2, 6, 1, 8...	66.4981...	5	189722300			
22	8	12.503	1	Child	[2, 6, 1, 2...	55.7314...	5	189886600			
23	3	1.786	1	Child	[2, 6, 1, 8...	60.4962...	5	189994100			
24	21	27.48	1	Child	[2, 17, 1, ...	72.2329...	5	190215100			
25	107	1445.121	24	Child	[2, 17, 6, ...	40.2964...	5	190433100			
26	3	1.264	1	New	[2, 1, 5, 1...	69.2661...	5	190470400			
27	2	0.671	26	New	[2, 6, 17, ...	82.5445...	5	190827500			
28	72	9.82	3,4,5,14,15...	New	[2, 17, 1, ...	65.0553...	5	191148500			
4	19,25	19	246	New	[2, 6, 1, 8...	46.8998...	5	191360000			
4	23,25	25	139	New	[1, 5, 2, 2...	73.9851...	5	191721500			
4	23,22	22	131	New	[2, 6, 1, 1...	68.0102...	5	192206500			
4	23	23	128	New	[1, 23, 24...	83.6600...	5	192580500			
4	21	21	111	New	[2, 17, 1, ...	50.5054...	5	192797600			
4	26	26	108	New	[1, 19, 3, ...	79.7483...	5	192934700			
5	8,20	8	262	New	[1, 3, 8, 1...	79.6655...	5	193196500			
5	24,20	20	195	New	[2, 1, 24, ...	62.9714...	5	193456000			
5	24,27	27	193	New	[2, 6, 17, ...	78.8733...	5	193705500			
5	24,18	18	185								
5	24,24	24	164								

Minimum Workstations: 4

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
18	8	1.463	7	Old (2)	[2, 1, 21, ...	13.0958...	4	114331200			
19	47	434.369	1	Old (3)	[2, 1, 4, 1...	13.1339...	4	111758300			
20	67	658.239	19	Mutation	[2, 1, 21, ...	25.1694...	4	120294300			
21	17	52.03	1	Mutation	[2, 1, 4, 1...	20.9642...	4	120914700			
22	8	12.503	1	Child	[2, 1, 21, ...	85.7076...	5	121133500			
23	3	1.786	1	Child	[2, 1, 4, 1...	99.2270...	5	121384900			
24	21	27.48	1	Child	[2, 1, 4, 1...	23.6114...	4	121674800			
25	107	1445.121	24	Child	[1, 8, 3, 5...	27.6767...	4	122023300			
26	3	1.264	1	New	[2, 1, 21, ...	19.6341...	4	122071300			
27	2	0.671	26	New	[2, 6, 17, ...	10.4880...	4	122623400			
28	72	9.82	3,4,5,14,15...	New	[2, 1, 8, 1...	110.649...	5	122966500			
3	4,11	11	132	New	[1, 21, 22...	79.9762...	5	123381100			
3	4,10	10	79	New	[2, 1, 26, ...	28.2223...	4	123637000			
3	4	4	73	New	[1, 21, 24...	91.2249...	5	123988800			
4	24,9	9	293	New	[1, 3, 2, 2...	82.0889...	5	124298400			
4	24,8	24	272	New	[1, 2, 3, 6...	108.659...	5	124519600			
4	7,8	8	210	New	[1, 3, 19, ...	76.0578...	5	125529600			
4	7,27	7	193	New	[1, 5, 21, ...	22.0454...	4	126382500			
4	18,27	27	191	New	[1, 4, 3, 5...	74.9559...	5	126790900			
4	18,25	25	84	New	[1, 5, 3, 2...	92.4218...	5	127097800			
4	18,21	21	67								
4	18,18	18	59								

Minimum Workstations: 4

2.5 Tiempo de ciclo 342

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
18	8	1.463	7	Old (3)	[1, 3, 5, 8...	48.6723...	5	249794700			
19	47	434.369	1	Old (2)	[1, 3, 5, 8...	50.8822...	5	265038100			
20	67	658.239	19	Mutation	[1, 21, 26...	46.1172...	5	268904100			
21	17	52.03	1	Mutation	[1, 3, 5, 8...	70.1854...	5	269614500			
22	8	12.503	1	Child	[1, 3, 5, 8...	50.8822...	5	269997300			
23	3	1.786	1	Child	[1, 3, 5, 8...	72.2288...	5	270187000			
24	21	27.48	1	Child	[2, 17, 6, ...	94.5674...	5	270726300			
25	107	1445.121	24	Child	[1, 24, 2, ...	78.2726...	5	270972700			
26	3	1.264	1	New	[1, 24, 2, ...	80.0474...	5	271010600			
27	2	0.671	26	New	[2, 17, 1, ...	74.5050...	5	271590000			
28	72	9.82	3,4,5,14,15...	New	[2, 17, 1, ...	84.2792...	5	271798300			
				New	[1, 2, 3, 8...	66.5477...	5	272524400			
				New	[2, 1, 8, 2...	90.8350...	5	272813300			
				New	[2, 1, 17, ...	72.2578...	5	273198000			
				New	[2, 1, 4, 2...	77.2851...	5	273519300			
				New	[2, 6, 7, 1...	91.7703...	5	273788500			
				New	[1, 2, 3, 5...	90.5284...	5	274000500			
				New	[2, 1, 24, ...	68.2026...	5	274381600			
				New	[1, 5, 19, ...	64.5290...	5	274641800			
				New	[1, 21, 19...	77.7161...	5	275020000			
				Minimum Workstations: 3							

Station	Options	Assigned	Time Left
4	27,25	25	142
4	27,11	11	121
4	27,12	27	119
4	12	12	100
5	10,20	20	275
5	10,3	10	222
5	4,3	4	216
5	23,3	3	183
5	23,7	23	180
5	6,7	7	163
5	6,6	6	136

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	70	438.339	0	Old (4)	[2, 17, 1, ...	5.78791...	4	192334400			
2	59	360.668	0	Old (2)	[2, 17, 1, ...	15.4757...	4	195727600			
3	33	60.264	1	Mutation	[2, 17, 1, ...	18.9076...	4	199022900			
4	6	5.2	1	Mutation	[2, 1, 17, ...	82.7079...	5	199424200			
5	1	0.13	1	Child	[2, 17, 1, ...	51.1859...	5	199591700			
6	27	24.105	2	Child	[2, 17, 1, ...	23.3773...	4	200489700			
7	17	26.426	6	Child	[2, 17, 1, ...	85.0270...	5	201087100			
8	62	274.249	1	Child	[2, 17, 1, ...	8.68907...	4	201252500			
9	31	170.99	8	New	[2, 1, 8, 6...	81.1899...	5	201289500			
10	53	327.093	9	New	[2, 1, 19, ...	8.39642...	4	201479700			
11	21	64.27	10	New	[1, 22, 3, ...	107.833...	5	202141900			
				New	[2, 17, 1, ...	78.3709...	5	202491700			
				New	[2, 17, 1, ...	64.9815...	5	202691300			
				New	[2, 17, 1, ...	97.6718...	5	202831500			
				New	[1, 24, 4, ...	32.1014...	4	203140300			
				New	[1, 4, 8, 2...	117.805...	5	203331400			
				New	[1, 19, 22...	93.5221...	5	203531300			
				New	[1, 8, 19, ...	95.0557...	5	203888200			
				New	[1, 21, 19...	25.7001...	4	204148800			
				New	[1, 26, 22...	28.5569...	4	204606000			
				Minimum Workstations: 3							

Station	Options	Assigned	Time Left
3	5,9	9	108
3	5	5	107
3	21	21	90
3	26	26	87
4	6,17	6	315
4	4,17	4	309
4	7,17	7	292
4	3,17	17	195
4	3,18	18	187
4	3,8	8	125
4	3,3	3	92

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation					
Task	Time	Variance	Precedence			Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View
1	70	438.339	0			Old (3)	[1, 21, 24...	11.2472...	4	210780700	
2	59	360.668	0			Old (2)	[1, 5, 21, ...	14.1421...	4	213633000	
3	33	60.264	1			Mutation	[1, 21, 24...	19.0262...	4	216043500	
4	6	5.2	1			Mutation	[1, 5, 2, 2...	114.380...	5	216490700	
5	1	0.13	1			Child	[1, 21, 24...	11.6404...	4	216708900	
6	27	24.105	2			Child	[1, 5, 21, ...	21.7370...	4	216865400	
7	17	26.426	6			Child	[1, 21, 24...	39.2173...	4	217018800	
8	62	274.249	1			Child	[1, 21, 24...	43.6520...	4	217339800	
9	31	170.99	8			New	[1, 26, 22...	46.5993...	4	217375900	
10	53	327.093	9			New	[2, 1, 3, 2...	28.2754...	4	217509500	
11	21	64.27	10			New	[1, 23, 22...	13.3977...	4	217706900	
						New	[2, 17, 1, ...	113.674...	5	217900500	
						New	[2, 1, 4, 3...	14.9499...	4	218216500	
						New	[2, 6, 7, 1...	25.0199...	4	218466300	
						New	[2, 6, 7, 1...	41.9583...	4	218788600	
						New	[1, 5, 4, 2...	33.8304...	4	219269800	
						New	[1, 21, 26...	50.6803...	4	219464300	
						New	[1, 21, 2, ...	36.6878...	4	219762300	
						New	[1, 2, 26, ...	32.8405...	4	220064300	
						New	[2, 17, 6, ...	18.7082...	4	220315800	
						Minimum Workstations: 3					
Station	Options	Assigned	Time Left								
3	27,15	15	132								
3	27,7	27	130								
3	9,7	7	113								
3	9,6	9	82								
4	19,6	19	295								
4	4,6	6	268								
4	4,11	11	247								
4	4,12	4	241								
4	20,12	12	222								
4	20,10	20	155								
4	10,10	10	102								

3. Jackson

3.1 Tiempo de ciclo 9

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation					
Task	Mean Time	Variance	Precedence			Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View
1	6	0.778	0			Old (3)	[1, 4, 3, 5...	1.41421...	8	71855200	
2	2	0.888	1			Old (2)	[1, 4, 3, 5...	1.41421...	8	75505000	
3	5	1.642	1			Mutation	[1, 2, 5, 6...	2.18581...	9	79067500	
4	7	1.022	1			Mutation	[1, 4, 2, 3...	2.33333...	9	79110200	
5	1	0.223	1			Child	[1, 4, 3, 5...	2.23606...	9	79136400	
6	2	0.823	2			Child	[1, 4, 3, 5...	2.33333...	9	79158000	
7	3	1.172	3,4,5			Child	[1, 2, 6, 4...	2.38047...	9	79181000	
8	6	0.387	6			Child	[1, 2, 3, 4...	1.41421...	8	79202000	
9	5	2.41	7			New	[1, 5, 2, 6...	2.28521...	9	79209400	
10	5	2.274	8			New	[1, 5, 3, 4...	2.28521...	9	79236100	
11	4	0.585	9,10			New	[1, 2, 4, 6...	2.18581...	9	79261500	
						New	[1, 4, 3, 2...	2.18581...	9	79286300	
						New	[1, 2, 3, 4...	2.86356...	10	79311400	
						New	[1, 2, 6, 3...	1.5	8	79337100	
						New	[1, 3, 4, 5...	2.33333...	9	79363900	
						New	[1, 5, 2, 4...	2.38047...	9	79391100	
						New	[1, 5, 2, 3...	2.47206...	9	79415400	
						New	[1, 2, 4, 5...	1.5	8	79441100	
						New	[1, 4, 5, 3...	2.38047...	9	79467500	
						New	[1, 3, 5, 4...	2.23606...	9	79495500	
						Minimum Workstations: 6					
Station	Options	Assigned	Time Left								
1	1,11	1	3								
2	4,11	4	2								
3	3,11	3	4								
3	5	5	3								
4	2,11	2	7								
4	7,11	7	4								
5	6,11	11	5								
5	6	6	3								
6	8,9	9	4								
7	8,10	10	4								
8	8,8	8	3								

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Mean Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	6	0.778	0	Old (3)	[1, 2, 3, 4...	1.41421...	8	67039500		
2	2	0.888	1	Old (2)	[1, 2, 3, 4...	1.41421...	8	68389900		
3	5	1.642	1	Mutation	[1, 2, 3, 4...	1.41421...	8	69857700		
4	7	1.022	1	Mutation	[1, 2, 3, 4...	2.33333...	9	69886700		
5	1	0.223	1	Child	[1, 2, 3, 4...	2.33333...	9	69911100		
6	2	0.823	2	Child	[1, 2, 3, 4...	1.41421...	8	69931300		
7	3	1.172	3,4,5	Child	[1, 2, 6, 3...	2.33333...	9	69954300		
8	6	0.387	6	Child	[1, 2, 6, 3...	2.13437...	9	69975700		
9	5	2.41	7	New	[1, 5, 3, 2...	2.28521...	9	69982200		
10	5	2.274	8	New	[1, 2, 6, 3...	2.33333...	9	70008300		
11	4	0.585	9,10	New	[1, 2, 4, 6...	2.33333...	9	70034100		
				New	[1, 2, 3, 6...	2.42670...	9	70059100		
				New	[1, 5, 4, 3...	2.28521...	9	70086100		
				New	[1, 5, 4, 2...	2.38047...	9	70110800		
				New	[1, 5, 2, 3...	2.38047...	9	70136900		
				New	[1, 4, 5, 2...	2.23606...	9	70162300		
				New	[1, 3, 5, 2...	2.33333...	9	70189400		
				New	[1, 2, 5, 3...	2.82842...	10	70214200		
				New	[1, 5, 2, 4...	1.5	8	70241100		
				New	[1, 4, 5, 3...	2.23606...	9	70264800		

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,11	1	3
2	2,11	11	5
2	2	2	3
3	3,10	10	4
4	3,9	9	4
5	3,8	3	4
6	4,8	8	3
7	4,7	7	6
7	5	5	5
7	6	6	3
8	4,4	4	2

Minimum Workstations: 6

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Mean Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	6	0.778	0	Old (3)	[1, 4, 2, 3...	1.41421...	8	95654600		
2	2	0.888	1	Old (2)	[1, 4, 2, 3...	1.41421...	8	97780900		
3	5	1.642	1	Mutation	[1, 4, 2, 3...	2.33333...	9	99059500		
4	7	1.022	1	Mutation	[1, 2, 3, 4...	2.33333...	9	99082300		
5	1	0.223	1	Child	[1, 4, 2, 3...	2.33333...	9	99107100		
6	2	0.823	2	Child	[1, 4, 2, 3...	2.33333...	9	99128200		
7	3	1.172	3,4,5	Child	[1, 4, 2, 3...	2.33333...	9	99148000		
8	6	0.387	6	Child	[1, 4, 2, 3...	1.41421...	8	99167300		
9	5	2.41	7	New	[1, 3, 4, 2...	2.13437...	9	99172200		
10	5	2.274	8	New	[1, 3, 4, 5...	2.18581...	9	99196200		
11	4	0.585	9,10	New	[1, 3, 5, 2...	2.23606...	9	99220500		
				New	[1, 3, 2, 5...	1.5	8	99245800		
				New	[1, 2, 5, 4...	2.47206...	9	99270900		
				New	[1, 3, 4, 5...	1.5	8	99296100		
				New	[1, 3, 4, 2...	2.18581...	9	99321400		
				New	[1, 5, 2, 6...	2.28521...	9	99347300		
				New	[1, 4, 2, 6...	2.42670...	9	99371600		
				New	[1, 5, 3, 2...	2.47206...	9	99396800		
				New	[1, 2, 3, 6...	2.28521...	9	99421500		
				New	[1, 3, 4, 2...	2.13437...	9	99446300		

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,11	1	3
2	2,11	2	7
2	11	11	3
3	3,10	10	4
4	3,8	8	3
5	3,9	3	4
6	4,9	4	2
7	6,9	6	7
7	5	5	6
7	7	7	3
8	9,9	9	4

Minimum Workstations: 6

3.2 Tiempo de ciclo 10

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Mean Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	6	0.778	0	Old (3)	[1, 4, 2, 3...	1.41421...	8	68571000		
2	2	0.888	1	Old (2)	[1, 4, 3, 5...	2.13437...	9	71352600		
3	5	1.642	1	Mutation	[1, 4, 2, 3...	1.41421...	8	73684500		
4	7	1.022	1	Mutation	[1, 4, 3, 5...	2.23606...	9	73732300		
5	1	0.223	1	Child	[1, 4, 2, 3...	2.13437...	9	73784000		
6	2	0.823	2	Child	[1, 4, 3, 5...	2.33333...	9	73828800		
7	3	1.172	3,4,5	Child	[1, 4, 5, 2...	2.23606...	9	73881000		
8	6	0.387	6	Child	[1, 4, 5, 2...	2.23606...	9	73931200		
9	5	2.41	7	New	[1, 3, 4, 2...	2.18581...	9	73941700		
10	5	2.274	8	New	[1, 4, 5, 3...	2.60341...	9	74000000		
11	4	0.585	9,10	New	[1, 2, 4, 3...	2.33333...	9	74064300		
				New	[1, 3, 2, 5...	2.18581...	9	74117600		
				New	[1, 4, 2, 6...	2.28521...	9	74171000		
				New	[1, 5, 4, 2...	1.5	8	74224000		
				New	[1, 3, 4, 2...	2.33333...	9	74278000		
				New	[1, 4, 3, 5...	2.18581...	9	74330700		
				New	[1, 3, 5, 2...	2.42670...	9	74382400		
				New	[1, 5, 3, 2...	2.47206...	9	74435100		
				New	[1, 3, 2, 4...	2.18581...	9	74489300		
				New	[1, 2, 3, 4...	1.41421...	8	74543800		

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,11	1	4
2	4,11	4	3
3	2,11	11	6
3	2	2	4
4	3,10	10	5
5	3,8	3	5
5	5	5	4
6	7,8	8	4
7	7,6	6	8
7	7	7	5
8	9,9	9	5

Minimum Workstations: 5

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Mean Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	6	0.778	0	Old (12)	[1, 4, 3, 5...	1.58113...	8	24366500		
2	2	0.888	1	Old (12)	[1, 4, 2, 3...	1.58113...	8	33868700		
3	5	1.642	1	Mutation	[1, 4, 2, 3...	1.73205...	8	35563900		
4	7	1.022	1	Mutation	[1, 4, 2, 3...	2.82842...	8	35597900		
5	1	0.223	1	Child	[1, 4, 3, 5...	1.41421...	8	35626700		
6	2	0.823	2	Child	[1, 4, 2, 3...	1.73205...	8	35651800		
7	3	1.172	3,4,5	Child	[1, 4, 3, 5...	1.41421...	8	35676300		
8	6	0.387	6	Child	[1, 4, 3, 5...	1.58113...	8	35700600		
9	5	2.41	7	New	[1, 5, 2, 3...	1.80277...	8	35706500		
10	5	2.274	8	New	[1, 4, 5, 2...	2.64575...	8	35737200		
11	4	0.585	9,10	New	[1, 3, 2, 5...	1.80277...	8	35766000		
				New	[1, 5, 4, 2...	1.65831...	8	35797300		
				New	[1, 2, 5, 3...	2.54950...	8	35825600		
				New	[1, 2, 5, 4...	2.73861...	8	35855700		
				New	[1, 3, 5, 2...	1.73205...	8	35888300		
				New	[1, 2, 3, 4...	1.80277...	8	35918100		
				New	[1, 2, 3, 5...	1.58113...	8	35949200		
				New	[1, 2, 6, 8...	1.65831...	8	35981900		
				New	[1, 3, 4, 5...	2.54950...	8	36011200		
				New	[1, 4, 3, 2...	2.73861...	8	36041000		

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,11	1	4
2	4,11	4	3
3	2,11	11	6
3	2	2	4
4	3,10	3	5
4	5	5	4
5	6,10	6	8
5	7,10	7	5
6	8,10	10	5
7	8,9	9	5
8	8,8	8	4

Minimum Workstations: 5

3.4 Tiempo de ciclo 14

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

File				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	6	0.778	0	Old (2)	[1, 4, 5, 3...	1.09544...	5	68800700			
2	2	0.888	1	Old (7)	[1, 3, 4, 2...	1.09544...	5	64941100			
3	5	1.642	1	Mutation	[1, 4, 5, 3...	3.0	6	70974300			
4	7	1.022	1	Mutation	[1, 3, 5, 4...	3.10912...	6	71062600			
5	1	0.223	1	Child	[1, 4, 5, 3...	3.10912...	6	71121900			
6	2	0.823	2	Child	[1, 3, 4, 2...	3.10912...	6	71182400			
7	3	1.172	3,4,5	Child	[1, 3, 4, 2...	1.41421...	5	71232200			
8	6	0.387	6	Child	[1, 3, 4, 2...	1.09544...	5	71280700			
9	5	2.41	7	New	[1, 4, 3, 2...	2.32379...	5	71292300			
10	5	2.274	8	New	[1, 5, 3, 2...	2.14476...	5	71350600			
11	4	0.585	9,10	New	[1, 5, 2, 4...	2.94392...	6	71409700			
				New	[1, 4, 5, 2...	3.10912...	6	71471600			
				New	[1, 2, 6, 8...	3.87298...	6	71531600			
				New	[1, 4, 3, 5...	1.41421...	5	71612600			
				New	[1, 4, 2, 6...	2.14476...	5	71679800			
				New	[1, 4, 2, 6...	2.23606...	5	71735800			
				New	[1, 4, 3, 2...	2.88675...	6	71792900			
				New	[1, 5, 2, 6...	3.05505...	6	71857900			
				New	[1, 5, 2, 4...	2.40831...	5	71923700			
				New	[1, 5, 3, 4...	2.32379...	5	71978700			

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,11	1	8
1	11	11	4
2	3,9	3	9
2	9	9	4
3	4,10	10	9
3	7	7	6
3	5	5	5
4	4,8	4	7
4	2	2	5
5	6,8	6	12
5	8,8	8	6

Minimum Workstations: 4

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

File				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	6	0.778	0	Old (2)	[1, 4, 2, 3...	1.09544...	5	84992000			
2	2	0.888	1	Old (4)	[1, 4, 2, 3...	1.41421...	5	82240600			
3	5	1.642	1	Mutation	[1, 4, 2, 3...	2.86356...	5	87533900			
4	7	1.022	1	Mutation	[1, 4, 5, 2...	2.79284...	5	87610900			
5	1	0.223	1	Child	[1, 4, 2, 3...	1.09544...	5	87659100			
6	2	0.823	2	Child	[1, 4, 2, 3...	2.48997...	5	87706600			
7	3	1.172	3,4,5	Child	[1, 2, 5, 4...	2.23606...	5	87754900			
8	6	0.387	6	Child	[1, 4, 2, 5...	2.79284...	5	87800300			
9	5	2.41	7	New	[1, 3, 4, 2...	2.32379...	5	87810300			
10	5	2.274	8	New	[1, 5, 2, 3...	2.86356...	5	87860700			
11	4	0.585	9,10	New	[1, 5, 2, 3...	2.32379...	5	87914300			
				New	[1, 5, 2, 3...	2.32379...	5	87968400			
				New	[1, 3, 2, 4...	2.32379...	5	88023100			
				New	[1, 3, 4, 2...	2.23606...	5	88075300			
				New	[1, 2, 4, 5...	2.86356...	5	88125100			
				New	[1, 2, 6, 8...	1.09544...	5	88188000			
				New	[1, 2, 5, 3...	2.32379...	5	88250800			
				New	[1, 5, 4, 3...	2.32379...	5	88307800			
				New	[1, 3, 5, 2...	1.26491...	5	88363200			
				New	[1, 5, 2, 3...	2.56904...	5	88416600			

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,11	1	8
1	11	11	4
2	4,9	4	7
2	2	2	5
3	3,9	9	9
3	3,10	10	4
4	3,8	3	9
4	6,8	6	7
4	5	5	6
5	7,8	8	8
5	7,7	7	5

Minimum Workstations: 4

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	6	0.778	0	Old (6)	[1, 4, 2, 5...	2.23606...	5	100699800		
2	2	0.888	1	Old (3)	[1, 4, 2, 5...	2.23606...	5	118782200		
3	5	1.642	1	Mutation	[1, 4, 5, 2...	2.56904...	5	122443400		
4	7	1.022	1	Mutation	[1, 4, 2, 5...	2.14476...	5	122490000		
5	1	0.223	1	Child	[1, 4, 2, 5...	2.23606...	5	122515300		
6	2	0.823	2	Child	[1, 4, 2, 5...	2.79284...	5	122535800		
7	3	1.172	3,4,5	Child	[1, 5, 2, 3...	2.86356...	5	122557000		
8	6	0.387	6	Child	[1, 5, 2, 3...	2.86356...	5	122582300		
9	5	2.41	7	New	[1, 2, 6, 8...	3.94968...	5	122589800		
10	5	2.274	8	New	[1, 2, 3, 5...	3.89871...	5	122618000		
11	4	0.585	9,10	New	[1, 4, 3, 2...	3.25576...	5	122645000		
				New	[1, 3, 4, 2...	3.19374...	5	122672800		
				New	[1, 5, 3, 4...	2.56904...	5	122703900		
				New	[1, 5, 2, 3...	2.23606...	5	122730200		
				New	[1, 5, 4, 2...	2.86356...	5	122756500		
				New	[1, 5, 2, 6...	3.28633...	5	122784500		
				New	[1, 3, 4, 5...	3.19374...	5	122815500		
				New	[1, 3, 5, 2...	3.46410...	5	122842300		
				New	[1, 4, 5, 3...	2.40831...	5	122868600		
				New	[1, 3, 4, 2...	3.60555...	5	122899000		

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,11	11	10
1	1,9	9	5
2	1,10	10	9
2	1,7	7	6
3	1,3	3	9
3	1,8	1	3
4	4,8	4	7
4	2	2	5
4	5	5	4
5	6,8	6	12
5	8,8	8	6

Minimum Workstations: 4

3.5 Tiempo de ciclo 21

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	6	0.778	0	Old (4)	[1, 5, 3, 4...	0.81649...	3	116782100		
2	2	0.888	1	Old (4)	[1, 5, 3, 4...	0.81649...	3	120500800		
3	5	1.642	1	Mutation	[1, 5, 3, 4...	1.15470...	3	128620900		
4	7	1.022	1	Mutation	[1, 5, 4, 2...	1.15470...	3	128671000		
5	1	0.223	1	Child	[1, 5, 3, 4...	2.38047...	3	128711000		
6	2	0.823	2	Child	[1, 5, 3, 4...	2.38047...	3	128744300		
7	3	1.172	3,4,5	Child	[1, 3, 4, 2...	0.81649...	3	128775400		
8	6	0.387	6	Child	[1, 4, 2, 6...	2.38047...	3	128806400		
9	5	2.41	7	New	[1, 4, 3, 5...	0.81649...	3	128816300		
10	5	2.274	8	New	[1, 3, 4, 2...	0.81649...	3	128854700		
11	4	0.585	9,10	New	[1, 4, 3, 5...	2.38047...	3	128894800		
				New	[1, 5, 2, 4...	6.04152...	4	128928300		
				New	[1, 2, 5, 6...	0.81649...	3	128968500		
				New	[1, 4, 3, 2...	0.81649...	3	129003900		
				New	[1, 3, 5, 4...	1.15470...	3	129041400		
				New	[1, 4, 5, 2...	2.38047...	3	129076000		
				New	[1, 5, 2, 3...	6.04152...	4	129339300		
				New	[1, 3, 5, 2...	0.81649...	3	129381000		
				New	[1, 5, 4, 2...	2.38047...	3	129414800		
				New	[1, 2, 4, 5...	0.81649...	3	129453600		

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,11	1	15
1	5,11	5	14
1	4,11	11	10
1	9	9	5
2	4,10	4	14
2	2,10	10	9
2	2,7	7	6
3	2,8	2	19
3	6,8	6	17
3	3,8	3	12
3	8,8	8	6

Minimum Workstations: 3

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

File Initial Population				Generations		Next Generation					
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	6	0.778	0	Old (5)	[1, 4, 5, 2...	0.81649...	3	44221300			
2	2	0.888	1	Old (4)	[1, 4, 5, 2...	0.81649...	3	46018100			
3	5	1.642	1	Mutation	[1, 4, 5, 2...	3.26598...	3	47865200			
4	7	1.022	1	Mutation	[1, 4, 5, 2...	3.36650...	3	47897800			
5	1	0.223	1	Child	[1, 4, 5, 2...	0.81649...	3	47930000			
6	2	0.823	2	Child	[1, 4, 5, 2...	3.36650...	3	47958000			
7	3	1.172	3,4,5	Child	[1, 4, 5, 2...	3.26598...	3	47984300			
8	6	0.387	6	Child	[1, 4, 5, 2...	3.65148...	3	48012300			
9	5	2.41	7	New	[1, 3, 2, 5...	2.88675...	3	48018600			
10	5	2.274	8	New	[1, 2, 5, 4...	2.38047...	3	48179100			
11	4	0.585	9,10	New	[1, 5, 4, 3...	3.65148...	3	48334400			
				New	[1, 2, 4, 3...	2.88675...	3	48365300			
				New	[1, 2, 3, 6...	4.12310...	4	48396900			
				New	[1, 5, 4, 2...	1.15470...	3	48433400			
				New	[1, 5, 4, 2...	1.15470...	3	48463500			
				New	[1, 2, 3, 5...	2.08166...	3	48495900			
				New	[1, 5, 3, 4...	3.65148...	3	48530000			
				New	[1, 3, 2, 4...	2.38047...	3	48561500			
				New	[1, 5, 4, 3...	3.36650...	3	48591700			
				New	[1, 2, 3, 5...	2.38047...	3	48623100			
				Minimum Workstations: 3							

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,11	11	17
1	1,9	1	11
1	4,9	9	6
2	4,10	4	14
2	5,10	5	13
2	2,10	10	8
2	2,7	2	6
3	3,7	3	16
3	6,7	6	14
3	8,7	7	11
3	8,8	8	5

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

File Initial Population				Generations		Next Generation					
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	6	0.778	0	Old (3)	[1, 4, 5, 3...	0.81649...	3	35890100			
2	2	0.888	1	Old (2)	[1, 4, 5, 3...	0.81649...	3	36883400			
3	5	1.642	1	Mutation	[1, 4, 5, 3...	0.81649...	3	38305100			
4	7	1.022	1	Mutation	[1, 4, 5, 3...	3.36650...	3	41578700			
5	1	0.223	1	Child	[1, 4, 5, 3...	2.38047...	3	41610800			
6	2	0.823	2	Child	[1, 4, 5, 3...	3.36650...	3	41637800			
7	3	1.172	3,4,5	Child	[1, 3, 5, 2...	0.81649...	3	41667400			
8	6	0.387	6	Child	[1, 3, 5, 2...	3.26598...	3	41695500			
9	5	2.41	7	New	[1, 5, 4, 3...	2.38047...	3	41701800			
10	5	2.274	8	New	[1, 4, 3, 2...	4.61880...	3	41734100			
11	4	0.585	9,10	New	[1, 3, 4, 2...	2.08166...	3	41768400			
				New	[1, 3, 5, 2...	2.08166...	3	41798500			
				New	[1, 3, 5, 4...	3.65148...	3	41831600			
				New	[1, 5, 3, 4...	0.81649...	3	41863000			
				New	[1, 3, 4, 5...	3.36650...	3	41893400			
				New	[1, 3, 5, 4...	2.38047...	3	42104000			
				New	[1, 4, 2, 6...	2.88675...	3	42138100			
				New	[1, 3, 4, 2...	4.08248...	3	42272300			
				New	[1, 4, 2, 6...	4.08248...	3	42305800			
				New	[1, 3, 2, 4...	2.88675...	3	42336000			
				Minimum Workstations: 3							

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,11	1	15
1	4,11	11	11
1	4,10	10	6
2	4,8	4	14
2	5,8	5	13
2	3,8	3	8
2	7	7	5
3	9,8	8	15
3	9,6	9	10
3	2,6	2	8
3	6,6	6	6

4.3 Tiempo de ciclo 10

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

File Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	5	0.91	0	Old (3)	[1, 2, 3, 4...	1.92724...	7	33757100			
2	3	0.753	1	Old (2)	[1, 2, 3, 4...	1.92724...	7	35331200			
3	4	1.539	1	Mutation	[1, 2, 3, 4...	2.0	7	37469100			
4	5	0.038	2,3	Mutation	[1, 2, 3, 4...	2.0	7	37502600			
5	4	0.47	4	Child	[1, 2, 3, 4...	2.0	7	37537500			
6	5	0.869	4	Child	[1, 2, 3, 4...	1.92724...	7	37572200			
7	1	0.084	4	Child	[1, 3, 2, 4...	1.92724...	7	37597900			
8	4	1.489	5	Child	[1, 3, 2, 4...	1.92724...	7	37627500			
9	6	0.091	6,7,8	New	[1, 3, 2, 4...	2.0	7	37633500			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.92724...	7	37664100			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.92724...	7	37703400			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.0	7	37744700			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.92724...	7	37779100			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.0	7	37814800			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.07019...	7	37848100			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.0	7	37894200			
				New	[1, 3, 2, 4...	3.09377...	7	37938900			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.0	7	37968800			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.0	7	38003300			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.92724...	7	38041200			
Station	Options	Assigned	Time Left	Minimum Workstations: 4							
1	1,9	9	4								
2	1,8	1	5								
3	2,8	8	6								
3	2	2	3								
4	3,6	6	5								
5	3,5	3	6								
6	4,5	5	6								
6	7	7	5								
7	4,4	4	5								

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

File Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	5	0.91	0	Old (4)	[1, 2, 3, 4...	1.92724...	7	71538700			
2	3	0.753	1	Old (4)	[1, 2, 3, 4...	1.92724...	7	74664100			
3	4	1.539	1	Mutation	[1, 2, 3, 4...	2.0	7	78216600			
4	5	0.038	2,3	Mutation	[1, 2, 3, 4...	1.92724...	7	78271400			
5	4	0.47	4	Child	[1, 2, 3, 4...	2.0	7	78327900			
6	5	0.869	4	Child	[1, 2, 3, 4...	2.0	7	78381700			
7	1	0.084	4	Child	[1, 3, 2, 4...	1.92724...	7	78431400			
8	4	1.489	5	Child	[1, 2, 3, 4...	1.92724...	7	78510700			
9	6	0.091	6,7,8	New	[1, 3, 2, 4...	1.92724...	7	78518500			
				New	[1, 3, 2, 4...	2.0	7	78572100			
				New	[1, 3, 2, 4...	2.0	7	78640900			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.0	7	78702300			
				New	[1, 3, 2, 4...	2.0	7	78761000			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.07019...	7	78830600			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.92724...	7	78889000			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.0	7	78972900			
				New	[1, 3, 2, 4...	2.0	7	79043600			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.07019...	7	79106900			
				New	[1, 3, 2, 4...	2.07019...	7	79162300			
				New	[1, 3, 2, 4...	2.0	7	79226000			
Station	Options	Assigned	Time Left	Minimum Workstations: 4							
1	1,9	1	5								
2	2,9	9	4								
3	2,8	2	7								
3	3,8	8	3								
4	3,5	3	6								
5	4,5	5	6								
5	7	7	5								
6	4,6	6	5								
7	4,4	4	5								

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	5	0.91	0	Old (7)	[1, 3, 2, 4...	2.12132...	6	59878200		
2	3	0.753	1	Old (10)	[1, 3, 2, 4...	2.12132...	6	62536900		
3	4	1.539	1	Mutation	[1, 3, 2, 4...	2.12132...	6	65244000		
4	5	0.038	2,3	Mutation	[1, 3, 2, 4...	2.27303...	6	65312000		
5	4	0.47	4	Child	[1, 3, 2, 4...	2.12132...	6	65359100		
6	5	0.869	4	Child	[1, 3, 2, 4...	2.12132...	6	65418600		
7	1	0.084	4	Child	[1, 3, 2, 4...	2.12132...	6	65482600		
8	4	1.489	5	Child	[1, 3, 2, 4...	2.12132...	6	65526100		
9	6	0.091	6,7,8	New	[1, 3, 2, 4...	2.12132...	6	65532700		
				New	[1, 3, 2, 4...	1.92724...	7	65593000		
				New	[1, 2, 3, 4...	2.34520...	6	65653600		
				New	[1, 2, 3, 4...	2.41522...	6	65734200		
				New	[1, 3, 2, 4...	2.12132...	6	65801500		
				New	[1, 2, 3, 4...	3.0	7	65860300		
				New	[1, 3, 2, 4...	2.27303...	6	65937900		
				New	[1, 3, 2, 4...	3.29140...	6	66009000		
				New	[1, 2, 3, 4...	3.43996...	6	66070100		
				New	[1, 3, 2, 4...	2.0	7	66116400		
				New	[1, 2, 3, 4...	3.34165...	6	66182700		
				New	[1, 3, 2, 4...	2.12132...	6	66243300		
Minimum Workstations: 4										

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,9	1	5
2	3,9	9	4
3	3,8	3	6
3	2	2	3
4	4,8	8	6
4	5	5	2
5	4,6	6	5
5	7	7	4
6	4,4	4	5

4.4 Tiempo de ciclo 18

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	5	0.91	0	Old (4)	[1, 3, 2, 4...	0.81649...	3	152005800		
2	3	0.753	1	Old (2)	[1, 3, 2, 4...	0.81649...	3	158779700		
3	4	1.539	1	Mutation	[1, 3, 2, 4...	2.08166...	3	164561700		
4	5	0.038	2,3	Mutation	[1, 3, 2, 4...	0.81649...	3	164963500		
5	4	0.47	4	Child	[1, 3, 2, 4...	0.81649...	3	165179000		
6	5	0.869	4	Child	[1, 3, 2, 4...	0.81649...	3	165388000		
7	1	0.084	4	Child	[1, 3, 2, 4...	2.08166...	3	165772600		
8	4	1.489	5	Child	[1, 3, 2, 4...	0.81649...	3	165892300		
9	6	0.091	6,7,8	New	[1, 2, 3, 4...	4.08248...	3	165899500		
				New	[1, 3, 2, 4...	2.08166...	3	166015000		
				New	[1, 3, 2, 4...	3.26598...	3	166133500		
				New	[1, 3, 2, 4...	2.08166...	3	166336400		
				New	[1, 3, 2, 4...	2.08166...	3	166719000		
				New	[1, 3, 2, 4...	2.08166...	3	166911800		
				New	[1, 3, 2, 4...	2.08166...	3	167095600		
				New	[1, 2, 3, 4...	2.38047...	3	167279200		
				New	[1, 2, 3, 4...	3.36650...	3	167385200		
				New	[1, 3, 2, 4...	3.26598...	3	167579200		
				New	[1, 2, 3, 4...	2.88675...	3	167987400		
				New	[1, 3, 2, 4...	3.26598...	3	168117800		
Minimum Workstations: 3										

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,9	1	13
1	3,9	9	7
1	7	7	6
2	3,6	6	13
2	3,8	3	9
2	2,8	2	6
3	4,8	4	13
3	5,8	5	9
3	8,8	8	5

5. Killbridge

5.1 Tiempo de ciclo 79

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
35	7	4.789	33	Old (2)	[12, 11, 3...	6.57267...	10	394752400			
36	9	16.747	33	Old (2)	[1, 3, 12, ...	6.69328...	10	395079400			
37	4	3.424	12	Mutation	[12, 11, 3...	17.1861...	11	432173600			
38	7	8.558	26,28,34,36	Mutation	[1, 3, 12, ...	11.8934...	11	433921100			
39	5	1.857	0	Child	[12, 11, 3...	8.34266...	10	434647900			
40	4	1.658	35,38	Child	[1, 3, 12, ...	8.11171...	10	435161800			
41	21	108.658	9,10,29,30,...	Child	[12, 11, 3...	12.3251...	11	435793300			
42	12	4.041	41	Child	[1, 3, 12, ...	16.0056...	11	436245700			
43	6	1.086	37	New	[1, 12, 39...	15.9971...	11	436464700			
44	5	3.52	42	New	[2, 8, 39, ...	18.7034...	11	437384700			
45	5	1.585	42	New	[2, 39, 1, ...	16.2312...	11	438248300			
				New	[12, 11, 3...	14.7955...	11	438985800			
				New	[39, 2, 12...	15.4077...	10	439667100			
				New	[12, 39, 1...	19.0525...	11	440440600			
				New	[12, 11, 2...	12.7386...	11	441223200			
				New	[11, 39, 2...	16.1386...	11	441995500			
				New	[11, 2, 12...	21.8736...	11	442685900			
				New	[12, 1, 3, ...	16.1639...	11	443182000			
				New	[2, 8, 39, ...	16.4648...	11	443922200			
				New	[2, 11, 4, ...	22.1523...	11	444844500			

Station	Options	Assigned	Time Left
8	25,17	17	62
8	25,24	25	36
8	15	15	25
8	18	18	22
9	6,24	24	50
9	6,10	10	30
9	30	30	25
9	31	31	18
10	6,23	23	52
10	6,43	6	35
10	43,43	43	29

Minimum Workstations: 7

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	9	8.331	0	Old (3)	[1, 3, 5, 1...	8.68331...	10	195480100			
2	9	0.965	0	Old (2)	[1, 3, 5, 1...	9.09945...	10	202327300			
3	10	0.933	1	Mutation	[1, 3, 5, 1...	8.92188...	10	213335400			
4	10	16.113	2	Mutation	[1, 3, 5, 1...	12.2800...	10	213953100			
5	17	37.966	3	Child	[1, 3, 5, 1...	15.9248...	10	214230200			
6	17	57.539	4	Child	[1, 3, 5, 1...	11.6275...	10	214776200			
7	13	22.695	1	Child	[2, 4, 11, ...	12.8840...	10	215254900			
8	13	19.967	2	Child	[1, 39, 12...	12.7436...	10	215631400			
9	20	35.284	5,7	New	[11, 12, 1...	10.7424...	10	215762300			
10	20	1.205	6,8	New	[1, 3, 39, ...	8.43800...	10	216212500			
11	10	21.529	0	New	[1, 7, 11, ...	12.3693...	10	216808200			
				New	[2, 1, 8, 3...	9.51840...	10	217202100			
				New	[12, 11, 3...	10.4498...	10	217545100			
				New	[12, 39, 2...	14.5945...	10	218083200			
				New	[1, 3, 7, 3...	14.2796...	11	218646600			
				New	[11, 39, 1...	14.2828...	11	219099900			
				New	[2, 39, 8, ...	13.8057...	10	219562800			
				New	[11, 2, 4, ...	13.2287...	10	220185100			
				New	[11, 12, 1...	10.7610...	10	220631200			
				New	[12, 1, 37...	10.4403...	10	220969200			

Station	Options	Assigned	Time Left
8	13,19	19	72
8	13,32	13	66
8	15,32	32	62
8	15,17	15	51
8	23,17	23	24
9	18,17	17	67
9	18,24	18	64
9	14,24	24	35
9	29	29	31
10	14,16	14	57
10	16,16	16	38

Minimum Workstations: 7

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	9	8.331	0	Old (4)	[1, 39, 3, ...	5.79271...	9	159798700		
2	9	0.965	0	Old (2)	[39, 12, 1, ...	6.25388...	9	178686400		
3	10	0.933	1	Mutation	[1, 39, 3, ...	8.60232...	9	183888200		
4	10	16.113	2	Mutation	[39, 12, 1, ...	19.8090...	10	184836100		
5	17	37.966	3	Child	[1, 39, 3, ...	8.48528...	9	185413100		
6	17	57.539	4	Child	[39, 12, 1, ...	19.3390...	10	185690500		
7	13	22.695	1	Child	[1, 12, 39, ...	18.2756...	10	185912500		
8	13	19.967	2	Child	[12, 39, 1, ...	14.5120...	10	186287300		
9	20	35.284	5,7	New	[2, 1, 7, 4, ...	5.69600...	9	186417100		
10	20	1.205	6,8	New	[12, 11, 3, ...	15.8555...	10	186819500		
11	10	21.529	0	New	[12, 39, 1, ...	17.1755...	10	187111200		
				New	[2, 8, 39, ...	18.3303...	10	187570300		
				New	[1, 12, 37, ...	21.5127...	10	188087400		
				New	[39, 11, 2, ...	7.43116...	9	188659500		
				New	[12, 37, 4, ...	8.06914...	9	189052900		
				New	[11, 12, 2, ...	19.3339...	10	189677100		
				New	[2, 4, 12, ...	16.2972...	10	190173600		
				New	[1, 39, 12, ...	16.1307...	10	190738300		
				New	[11, 39, 1, ...	18.0222...	10	191091500		
				New	[1, 3, 39, ...	6.49786...	9	191424200		

Station	Options	Assigned	Time Left
7	31,16	31	39
7	16	16	20
8	25,17	17	67
8	25,18	18	64
8	25,23	23	37
8	30	30	32
8	32	32	28
8	43	43	22
8	29	29	18
9	25,24	25	53
9	24,24	24	24

Minimum Workstations: 7

5.2 Tiempo de ciclo 92

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	9	8.331	0	Old (3)	[1, 7, 39, ...	10.6510...	9	1981988...		
2	9	0.965	0	Old (2)	[1, 12, 37, ...	10.7445...	9	2097762...		
3	10	0.933	1	Mutation	[1, 7, 39, ...	15.0923...	9	2129222...		
4	10	16.113	2	Mutation	[1, 12, 37, ...	13.3291...	9	2133722...		
5	17	37.966	3	Child	[1, 7, 39, ...	12.2565...	9	2135818...		
6	17	57.539	4	Child	[1, 12, 37, ...	14.1264...	9	2141993...		
7	13	22.695	1	Child	[2, 1, 3, 8, ...	12.0231...	9	2145725...		
8	13	19.967	2	Child	[2, 1, 3, 8, ...	17.6855...	9	2150614...		
9	20	35.284	5,7	New	[1, 11, 7, ...	11.7189...	9	2151909...		
10	20	1.205	6,8	New	[2, 11, 39, ...	23.0	9	2155894...		
11	10	21.529	0	New	[39, 11, 2, ...	15.3188...	9	2160279...		
				New	[12, 1, 7, ...	19.5874...	9	2164797...		
				New	[1, 3, 12, ...	13.3083...	9	2169676...		
				New	[11, 2, 1, ...	21.8906...	10	2174273...		
				New	[12, 39, 1, ...	14.4606...	9	2178933...		
				New	[2, 12, 37, ...	18.5921...	9	2183052...		
				New	[12, 37, 1, ...	20.9867...	9	2188612...		
				New	[12, 39, 2, ...	16.9312...	9	2192930...		
				New	[1, 2, 11, ...	16.9181...	9	2196353...		
				New	[12, 37, 3, ...	16.6666...	9	2201275...		

Station	Options	Assigned	Time Left
7	30	30	55
7	32	32	51
7	27	27	46
8	25,21	25	66
8	31	31	59
8	26	26	53
8	6	6	36
8	19	19	29
8	29	29	25
9	20,21	20	88
9	21,21	21	33

Minimum Workstations: 7

5.3 Tiempo de ciclo 110

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	9	8.331	0	Old (3)	[1, 7, 3, 1...	8.11524...	7	288374900			
2	9	0.965	0	Old (2)	[11, 2, 8, ...	9.36559...	7	300079100			
3	10	0.933	1	Mutation	[1, 7, 11, ...	22.6841...	7	306588900			
4	10	16.113	2	Mutation	[11, 2, 8, ...	10.2260...	7	307771700			
5	17	37.966	3	Child	[1, 7, 3, 1...	13.8409...	7	308211300			
6	17	57.539	4	Child	[11, 2, 8, ...	11.6557...	7	308654900			
7	13	22.695	1	Child	[11, 1, 39...	10.0	7	309049700			
8	13	19.967	2	Child	[11, 12, 1...	14.5110...	7	309402300			
9	20	35.284	5,7	New	[11, 12, 1...	13.2880...	7	309532200			
10	20	1.205	6,8	New	[39, 2, 1, ...	31.6899...	8	309999700			
11	10	21.529	0	New	[2, 8, 12, ...	7.94624...	7	310723400			
5	9,22	9	37	New	[1, 3, 5, 3...	8.07995...	7	311400400			
5	20	20	33	New	[1, 11, 7, ...	30.2654...	8	312037000			
6	8,22	22	96	New	[2, 11, 12...	9.30437...	7	312535300			
6	8,17	8	83	New	[1, 11, 12...	6.71884...	7	313143900			
6	10,17	10	63	New	[12, 37, 4...	11.6557...	7	313728700			
6	14,17	14	41	New	[39, 12, 2...	31.2169...	8	314456400			
6	29,17	17	29	New	[12, 1, 11...	15.4642...	7	315270400			
7	29,31	31	103	New	[1, 12, 2, ...	18.3964...	7	315798200			
7	29,21	29	99	New	[12, 1, 2, ...	17.6473...	7	316490200			
7	32,21	32	95								
7	21,21	21	40								

Station	Options	Assigned	Time Left
5	9,22	9	37
5	20	20	33
6	8,22	22	96
6	8,17	8	83
6	10,17	10	63
6	14,17	14	41
6	29,17	17	29
7	29,31	31	103
7	29,21	29	99
7	32,21	32	95
7	21,21	21	40

Minimum Workstations: 6

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	9	8.331	0	Old (2)	[11, 2, 1, ...	9.43398...	7	214498700			
2	9	0.965	0	Old (2)	[12, 37, 2...	11.6435...	7	216110200			
3	10	0.933	1	Mutation	[11, 2, 1, ...	12.1184...	7	222214100			
4	10	16.113	2	Mutation	[12, 37, 2...	17.8004...	7	223608900			
5	17	37.966	3	Child	[11, 2, 1, ...	18.6317...	7	223993600			
6	17	57.539	4	Child	[12, 37, 2...	22.0874...	7	224492400			
7	13	22.695	1	Child	[11, 2, 39...	16.1643...	7	224866400			
8	13	19.967	2	Child	[11, 2, 1, ...	27.2396...	7	225367900			
9	20	35.284	5,7	New	[12, 37, 1...	21.1491...	7	225505200			
10	20	1.205	6,8	New	[11, 39, 1...	13.5171...	7	225961100			
11	10	21.529	0	New	[2, 8, 39, ...	14.7599...	7	226308100			
5	16,29	16	23	New	[1, 7, 2, 3...	19.4164...	7	226805200			
6	23,29	23	83	New	[1, 39, 3, ...	17.4478...	7	227190700			
6	3,29	29	79	New	[12, 39, 3...	17.2004...	7	227767000			
6	3,30	30	74	New	[39, 12, 2...	16.7289...	7	228385100			
6	3,25	25	48	New	[2, 8, 39, ...	21.4342...	7	228965500			
6	3	3	38	New	[2, 39, 4, ...	24.1601...	7	229575000			
7	7,14	14	88	New	[12, 39, 2...	20.1033...	7	230150100			
7	7,20	7	75	New	[1, 12, 37...	14.9379...	7	230616000			
7	5,20	20	71	New	[1, 11, 7, ...	13.8615...	7	231015400			
7	5,19	5	54								
7	19,19	19	47								

Station	Options	Assigned	Time Left
5	16,29	16	23
6	23,29	23	83
6	3,29	29	79
6	3,30	30	74
6	3,25	25	48
6	3	3	38
7	7,14	14	88
7	7,20	7	75
7	5,20	20	71
7	5,19	5	54
7	19,19	19	47

Minimum Workstations: 6

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	9	8.331	0	Old (3)	[1, 39, 7, ...	4.28952...	5	302433500		
2	9	0.965	0	Old (2)	[1, 39, 7, ...	5.74456...	5	329645200		
3	10	0.933	1	Mutation	[1, 39, 7, ...	6.21288...	5	346166000		
4	10	16.113	2	Mutation	[1, 39, 7, ...	6.40312...	5	347967700		
5	17	37.966	3	Child	[1, 39, 7, ...	6.54217...	5	348658600		
6	17	57.539	4	Child	[1, 39, 7, ...	45.5668...	6	349471200		
7	13	22.695	1	Child	[11, 12, 1...	30.4740...	6	350045500		
8	13	19.967	2	Child	[2, 4, 1, 1...	42.2808...	6	350742800		
9	20	35.284	5,7	New	[11, 2, 12...	29.8049...	6	350883200		
10	20	1.205	6,8	New	[12, 37, 3...	41.6373...	6	351373500		
11	10	21.529	0	New	[39, 11, 2...	7.07106...	5	352109400		
	Station	Options	Assigned	Time Left	New	[39, 1, 11...	8.72926...	5	352911700	
4	5,20	5	47	New	[39, 11, 1...	29.7040...	6	353726200		
4	16,20	20	43	New	[12, 11, 3...	44.2982...	6	354374100		
4	16,17	16	24	New	[39, 11, 2...	36.2767...	6	354796500		
5	14,17	14	116	New	[11, 39, 1...	39.1705...	6	355570000		
5	4,17	4	106	New	[39, 12, 1...	36.8962...	6	356322800		
5	19,17	19	99	New	[12, 1, 7, ...	50.5338...	6	356984800		
5	31,17	17	87	New	[39, 11, 1...	4.64758...	5	357476400		
5	31,9	31	80	New	[39, 11, 2...	39.2937...	6	357965600		
5	25,9	9	60							
5	25,29	29	56							
5	25,25	25	30							

Minimum Workstations: 5

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	9	8.331	0	Old (3)	[1, 39, 11...	8.14861...	5	276991900		
2	9	0.965	0	Old (3)	[1, 39, 11...	8.16088...	5	287162200		
3	10	0.933	1	Mutation	[1, 39, 11...	11.0453...	5	300316100		
4	10	16.113	2	Mutation	[1, 39, 11...	9.60208...	5	300989700		
5	17	37.966	3	Child	[1, 39, 11...	7.74596...	5	301583500		
6	17	57.539	4	Child	[1, 39, 11...	8.16088...	5	302135100		
7	13	22.695	1	Child	[1, 2, 39, ...	9.27361...	5	302727300		
8	13	19.967	2	Child	[2, 39, 1, ...	19.2509...	5	303483800		
9	20	35.284	5,7	New	[12, 11, 1...	12.4498...	5	303612800		
10	20	1.205	6,8	New	[12, 11, 1...	16.0436...	5	304007400		
11	10	21.529	0	New	[11, 2, 8, ...	14.8727...	5	304621400		
	Station	Options	Assigned	Time Left	New	[12, 11, 3...	18.1438...	5	305302900	
4	27,22	22	81	New	[1, 2, 4, 3...	42.4342...	6	305889100		
4	27,34	34	78	New	[11, 12, 3...	13.0766...	5	308529500		
4	27,33	33	63	New	[1, 39, 11...	16.8166...	5	309014000		
4	27	27	58	New	[39, 11, 1...	9.01110...	5	309839600		
4	29	29	54	New	[1, 12, 2, ...	11.4105...	5	310504000		
4	19	19	47	New	[12, 37, 4...	14.9264...	5	311355000		
4	20	20	43	New	[2, 1, 7, 1...	11.8237...	5	311801100		
4	26	26	37	New	[2, 12, 4, ...	16.5045...	5	312389000		
5	24,21	24	109							
5	23,21	23	82							
5	21,21	21	27							

Minimum Workstations: 5

5.5 Tiempo de ciclo 184

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	9	8.331	0	Old (2)	[11, 1, 12...	11.8532...	4	345258000		
2	9	0.965	0	Old (2)	[1, 3, 7, 2...	13.6381...	4	344461700		
3	10	0.933	1	Mutation	[11, 1, 12...	21.7140...	4	357019000		
4	10	16.113	2	Mutation	[1, 3, 7, 2...	25.5734...	4	357805500		
5	17	37.966	3	Child	[11, 1, 12...	14.6799...	4	358282100		
6	17	57.539	4	Child	[1, 3, 7, 2...	21.3424...	4	358826500		
7	13	22.695	1	Child	[39, 1, 2, ...	26.2011...	4	359533400		
8	13	19.967	2	Child	[12, 39, 1, ...	14.3003...	4	359872400		
9	20	35.284	5,7	New	[1, 2, 12, ...	26.9907...	4	360001400		
10	20	1.205	6,8	New	[2, 8, 1, 1, ...	25.8360...	4	360614500		
11	10	21.529	0	New	[11, 39, 1, ...	21.8746...	4	361315600		
				New	[12, 11, 2, ...	17.3925...	4	361934700		
				New	[11, 39, 2, ...	18.1659...	4	362486500		
3	6,16	6	78	New	[11, 2, 1, ...	20.4816...	4	363166700		
3	25,16	25	52	New	[11, 2, 39, ...	19.5320...	4	363698500		
4	24,16	16	165	New	[12, 2, 4, ...	15.0332...	4	364328900		
4	24,32	32	161	New	[39, 12, 1, ...	24.0831...	4	365457400		
4	24,27	27	156	New	[1, 39, 2, ...	21.5986...	4	366215800		
4	24,17	17	144	New	[2, 8, 11, ...	22.9455...	4	366985500		
4	24,10	24	115	New	[11, 12, 1, ...	24.6272...	4	368078300		
4	23,10	10	95							
4	23,29	29	91							
4	23,43	23	64							
4	43,43	43	58							

Minimum Workstations: 4

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	9	8.331	0	Old (2)	[12, 11, 3, ...	14.3527...	4	331450100		
2	9	0.965	0	Old (3)	[12, 11, 3, ...	22.0340...	4	329583100		
3	10	0.933	1	Mutation	[12, 11, 3, ...	26.7301...	4	351859800		
4	10	16.113	2	Mutation	[12, 11, 3, ...	26.0480...	4	353106300		
5	17	37.966	3	Child	[12, 11, 3, ...	25.3673...	4	354271900		
6	17	57.539	4	Child	[12, 11, 3, ...	31.1849...	4	355000900		
7	13	22.695	1	Child	[39, 2, 8, ...	39.6673...	4	360185500		
8	13	19.967	2	Child	[2, 8, 1, 4, ...	36.5855...	4	361154000		
9	20	35.284	5,7	New	[39, 11, 1, ...	30.6186...	4	361368000		
10	20	1.205	6,8	New	[11, 39, 1, ...	26.7861...	4	362966100		
11	10	21.529	0	New	[11, 2, 39, ...	23.6326...	4	363866000		
				New	[39, 1, 7, ...	31.0483...	4	365210800		
				New	[39, 1, 11, ...	37.0877...	4	366508100		
3	29,36	29	92	New	[11, 12, 2, ...	18.2071...	4	367991500		
3	17,36	36	83	New	[39, 12, 1, ...	27.9374...	4	369083300		
3	17,28	17	71	New	[12, 2, 39, ...	25.1694...	4	370029100		
3	28	28	47	New	[39, 11, 2, ...	28.9741...	4	370730800		
3	34	34	44	New	[2, 1, 7, 8, ...	30.3315...	4	371888100		
4	21,5	5	167	New	[11, 2, 1, ...	22.2148...	4	373349800		
4	21,3	3	157	New	[11, 12, 2, ...	37.1954...	4	374749300		
4	21,33	21	102							
4	22,33	33	87							
4	22,27	22	73							
4	27,27	27	68							

Minimum Workstations: 4

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	9	8.331	0	Old (3)	[11, 12, 3...	31.5990...	4	302631800		
2	9	0.965	0	Old (2)	[1, 12, 7, ...	34.0367...	4	323705900		
3	10	0.933	1	Mutation	[11, 12, 3...	24.6981...	4	327559400		
4	10	16.113	2	Mutation	[1, 12, 7, ...	42.3083...	4	328134700		
5	17	37.966	3	Child	[11, 12, 3...	41.4969...	4	328704500		
6	17	57.539	4	Child	[1, 12, 7, ...	40.2492...	4	329586200		
7	13	22.695	1	Child	[12, 11, 3...	44.5252...	4	329982700		
8	13	19.967	2	Child	[12, 11, 3...	40.7737...	4	330461000		
9	20	35.284	5,7	New	[39, 1, 2, ...	44.1418...	4	330591500		
10	20	1.205	6,8	New	[12, 39, 2...	39.5031...	4	331506500		
11	10	21.529	0	New	[11, 39, 1...	41.0609...	4	332233500		
12	10	21.529	0	New	[12, 39, 3...	47.4288...	4	332937300		
13	10	21.529	0	New	[39, 1, 11...	45.1608...	4	333492700		
14	10	21.529	0	New	[11, 1, 7, ...	41.6233...	4	334315600		
15	10	21.529	0	New	[11, 2, 8, ...	45.6453...	4	335436500		
16	10	21.529	0	New	[39, 2, 1, ...	44.0624...	4	336325900		
17	10	21.529	0	New	[12, 37, 2...	36.2560...	4	337004500		
18	10	21.529	0	New	[12, 1, 11...	34.0807...	4	337447600		
19	10	21.529	0	New	[2, 4, 39, ...	43.5488...	4	337979100		
20	10	21.529	0	New	[39, 12, 1...	23.5902...	4	338895300		
21	10	21.529	0							
22	10	21.529	0							
23	10	21.529	0							
24	10	21.529	0							
25	10	21.529	0							
26	10	21.529	0							
27	10	21.529	0							
28	10	21.529	0							
29	10	21.529	0							
30	10	21.529	0							
31	10	21.529	0							
32	10	21.529	0							
33	10	21.529	0							
34	10	21.529	0							
35	10	21.529	0							
36	10	21.529	0							
37	10	21.529	0							
38	10	21.529	0							
39	10	21.529	0							
40	10	21.529	0							
41	10	21.529	0							
42	10	21.529	0							
43	10	21.529	0							
44	10	21.529	0							
45	10	21.529	0							
46	10	21.529	0							
47	10	21.529	0							
48	10	21.529	0							
49	10	21.529	0							
50	10	21.529	0							
51	10	21.529	0							
52	10	21.529	0							
53	10	21.529	0							
54	10	21.529	0							
55	10	21.529	0							
56	10	21.529	0							
57	10	21.529	0							
58	10	21.529	0							
59	10	21.529	0							
60	10	21.529	0							
61	10	21.529	0							
62	10	21.529	0							
63	10	21.529	0							
64	10	21.529	0							
65	10	21.529	0							
66	10	21.529	0							
67	10	21.529	0							
68	10	21.529	0							
69	10	21.529	0							
70	10	21.529	0							
71	10	21.529	0							
72	10	21.529	0							
73	10	21.529	0							
74	10	21.529	0							
75	10	21.529	0							
76	10	21.529	0							
77	10	21.529	0							
78	10	21.529	0							
79	10	21.529	0							
80	10	21.529	0							
81	10	21.529	0							
82	10	21.529	0							
83	10	21.529	0							
84	10	21.529	0							
85	10	21.529	0							
86	10	21.529	0							
87	10	21.529	0							
88	10	21.529	0							
89	10	21.529	0							
90	10	21.529	0							
91	10	21.529	0							
92	10	21.529	0							
93	10	21.529	0							
94	10	21.529	0							
95	10	21.529	0							
96	10	21.529	0							
97	10	21.529	0							
98	10	21.529	0							
99	10	21.529	0							
100	10	21.529	0							
101	10	21.529	0							
102	10	21.529	0							
103	10	21.529	0							
104	10	21.529	0							
105	10	21.529	0							
106	10	21.529	0							
107	10	21.529	0							
108	10	21.529	0							
109	10	21.529	0							
110	10	21.529	0							
111	10	21.529	0							
112	10	21.529	0							
113	10	21.529	0							
114	10	21.529	0							
115	10	21.529	0							
116	10	21.529	0							
117	10	21.529	0							
118	10	21.529	0							
119	10	21.529	0							
120	10	21.529	0							
121	10	21.529	0							
122	10	21.529	0							
123	10	21.529	0							
124	10	21.529	0							
125	10	21.529	0							
126	10	21.529	0							
127	10	21.529	0							
128	10	21.529	0							
129	10	21.529	0							
130	10	21.529	0							
131	10	21.529	0							
132	10	21.529	0							
133	10	21.529	0							
134	10	21.529	0							
135	10	21.529	0							
136	10	21.529	0							
137	10	21.529	0							
138	10	21.529	0							
139	10	21.529	0							
140	10	21.529	0							
141	10	21.529	0							
142	10	21.529	0							
143	10	21.529	0							
144	10	21.529	0							
145	10	21.529	0							
146	10	21.529	0							
147	10	21.529	0							
148	10	21.529	0							
149	10	21.529	0							
150	10	21.529	0							
151	10	21.529	0							
152	10	21.529	0							
153	10	21.529	0							
154	10	21.529	0							
155	10	21.529	0							
156	10	21.529	0							
157	10	21.529	0							
158	10	21.529	0							
159	10	21.529	0							
160	10	21.529	0							
161	10	21.529	0							
162	10	21.529	0							
163	10	21.529	0							
164	10	21.529	0							
165	10	21.529	0							
166	10	21.529	0							
167	10	21.529	0							
168	10	21.529	0							
169	10	21.529	0							
170	10	21.529	0							
171	10	21.529	0							
172	10	21.529	0							
173	10	21.529	0							
174	10	21.529	0							
175	10	21.529	0							
176	10	21.529	0							
177	10	21.529	0							
178	10	21.529	0							
179	10	21.529	0							
180	10	21.529	0							
181	10	21.529	0							
182	10	21.529	0							
183	10	21.529	0							
184	10	21.529	0							
185	10	21.529	0							
186	10	21.529	0							
187	10	21.529	0							
188	10	21.529	0							
189	10	21.529	0							
190	10	21.529	0							
191	10	21.529	0							

6.2 Tiempo de ciclo 10

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	1	0.19	0	Old (3)	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	78873400			
2	5	2.321	1	Old (2)	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	82752700			
3	4	3.919	2	Mutation	[1, 4, 2, 3...	1.35400...	6	86717800			
4	3	2.088	1	Mutation	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	86748700			
5	5	2.211	2	Child	[1, 4, 2, 5...	1.58113...	6	86781800			
6	6	1.026	5	Child	[1, 4, 2, 5...	1.58113...	6	86808400			
7	5	0.33	4	Child	[1, 2, 5, 4...	2.48327...	6	86838000			
				Child	[1, 2, 5, 6...	1.58113...	6	86865700			
				New	[1, 2, 4, 7...	1.58113...	6	86872800			
				New	[1, 4, 7, 2...	1.47196...	6	86906200			
				New	[1, 4, 2, 7...	2.48327...	6	86935400			
				New	[1, 4, 7, 2...	2.48327...	6	86965600			
				New	[1, 2, 5, 4...	1.58113...	6	86998000			
				New	[1, 2, 3, 5...	2.48327...	6	87028700			
				New	[1, 4, 7, 2...	2.48327...	6	87059100			
				New	[1, 4, 2, 7...	1.35400...	6	87088600			
				New	[1, 4, 2, 3...	2.48327...	6	87118000			
				New	[1, 4, 2, 7...	1.35400...	6	87146200			
				New	[1, 4, 2, 7...	1.35400...	6	87175900			
				New	[1, 2, 4, 5...	1.58113...	6	87205100			
				Minimum Workstations: 3							

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	1	0.19	0	Old (4)	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	32514600			
2	5	2.321	1	Old (4)	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	33809900			
3	4	3.919	2	Mutation	[1, 4, 2, 5...	1.58113...	6	35033100			
4	3	2.088	1	Mutation	[1, 4, 2, 5...	1.47196...	6	35049600			
5	5	2.211	2	Child	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	35068600			
6	6	1.026	5	Child	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	35086000			
7	5	0.33	4	Child	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	35103100			
				Child	[1, 4, 2, 5...	1.58113...	6	35118600			
				New	[1, 4, 7, 2...	2.48327...	6	35122000			
				New	[1, 4, 7, 2...	1.35400...	6	35139500			
				New	[1, 2, 5, 3...	1.58113...	6	35156800			
				New	[1, 2, 3, 5...	1.58113...	6	35175100			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.58113...	6	35192900			
				New	[1, 4, 2, 3...	2.48327...	6	35211600			
				New	[1, 4, 2, 3...	2.48327...	6	35228900			
				New	[1, 4, 2, 5...	2.48327...	6	35248300			
				New	[1, 4, 7, 2...	2.48327...	6	35265500			
				New	[1, 2, 3, 5...	1.58113...	6	35283500			
				New	[1, 4, 2, 3...	1.35400...	6	35303400			
				New	[1, 4, 2, 3...	1.58113...	6	35321600			
				Minimum Workstations: 3							

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	1	0.19	0	Old (3)	[1, 2, 4, 7...	2.48997...	5	31998100		
2	5	2.321	1	Old (2)	[1, 2, 4, 7...	2.48997...	5	33722400		
3	4	3.919	2	Mutation	[1, 2, 3, 4...	2.56904...	5	35352700		
4	3	2.088	1	Mutation	[1, 2, 4, 5...	1.47196...	6	35380000		
5	5	2.211	2	Child	[1, 2, 4, 7...	2.48997...	5	35403500		
6	6	1.026	5	Child	[1, 2, 4, 7...	2.48997...	5	35422300		
7	5	0.33	4	Child	[1, 2, 4, 7...	2.48997...	5	35441900		
				Child	[1, 2, 4, 7...	2.48997...	5	35460600		
				New	[1, 2, 3, 5...	2.64575...	5	35463300		
				New	[1, 2, 3, 4...	1.58113...	6	35485100		
				New	[1, 4, 2, 7...	2.48327...	6	35509600		
				New	[1, 2, 5, 3...	1.58113...	6	35534600		
				New	[1, 4, 7, 2...	2.64575...	5	35559700		
				New	[1, 4, 7, 2...	2.64575...	5	35581000		
				New	[1, 2, 3, 5...	2.56904...	5	35601200		
				New	[1, 2, 3, 5...	2.64575...	5	35623700		
				New	[1, 2, 5, 6...	1.58113...	6	35650100		
				New	[1, 2, 4, 3...	1.58113...	6	35674300		
				New	[1, 4, 7, 2...	2.64575...	5	35697900		
				New	[1, 4, 7, 2...	2.48997...	5	35718700		
				Minimum Workstations: 3						

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,3	3	6
1	1	1	5
2	2,6	2	5
3	4,6	4	7
3	7	7	2
4	5,6	6	4
5	5,5	5	5

6.3 Tiempo de ciclo 15

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	1	0.19	0	Old (17)	[1, 4, 7, 2...	0.57735...	3	141975500		
2	5	2.321	1	Old (8)	[1, 4, 7, 2...	0.57735...	3	147835100		
3	4	3.919	2	Mutation	[1, 4, 7, 2...	0.57735...	3	153236500		
4	3	2.088	1	Mutation	[1, 4, 7, 2...	1.82574...	3	153292700		
5	5	2.211	2	Child	[1, 4, 7, 2...	1.63299...	3	153332600		
6	6	1.026	5	Child	[1, 4, 7, 2...	0.57735...	3	153367100		
7	5	0.33	4	Child	[1, 4, 7, 2...	0.57735...	3	153400400		
				Child	[1, 4, 7, 2...	0.57735...	3	153436000		
				New	[1, 4, 7, 2...	1.63299...	3	153442000		
				New	[1, 2, 4, 5...	1.82574...	3	153475300		
				New	[1, 4, 2, 7...	0.57735...	3	153506900		
				New	[1, 4, 7, 2...	0.57735...	3	153539300		
				New	[1, 4, 2, 7...	0.57735...	3	153571200		
				New	[1, 2, 3, 4...	3.10912...	3	153601400		
				New	[1, 4, 2, 7...	0.57735...	3	153635900		
				New	[1, 2, 3, 4...	2.88675...	3	153665600		
				New	[1, 4, 2, 7...	1.82574...	3	153700500		
				New	[1, 2, 3, 4...	0.57735...	3	153739900		
				New	[1, 2, 3, 5...	2.88675...	3	153774400		
				New	[1, 2, 5, 4...	1.82574...	3	153805600		
				Minimum Workstations: 2						

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,6	1	14
1	4,6	4	11
1	7,6	6	5
2	7,5	7	10
2	2,5	5	5
3	2,3	2	10
3	3,3	3	6

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	1	0.19	0	Old (14)	[1, 4, 2, 7...	0.57735...	3	71130500		
2	5	2.321	1	Old (14)	[1, 4, 2, 3...	0.57735...	3	74073800		
3	4	3.919	2	Mutation	[1, 4, 7, 2...	1.82574...	3	77000100		
4	3	2.088	1	Mutation	[1, 4, 2, 3...	0.57735...	3	77040500		
5	5	2.211	2	Child	[1, 4, 2, 7...	0.57735...	3	77085200		
6	6	1.026	5	Child	[1, 4, 2, 3...	1.63299...	3	77124700		
7	5	0.33	4	Child	[1, 4, 2, 7...	0.57735...	3	77159600		
				Child	[1, 4, 2, 7...	1.82574...	3	77206300		
				New	[1, 4, 7, 2...	1.82574...	3	77213300		
				New	[1, 4, 2, 7...	0.57735...	3	77255100		
				New	[1, 4, 7, 2...	0.57735...	3	77294000		
				New	[1, 4, 7, 2...	0.57735...	3	77337800		
				New	[1, 2, 5, 3...	2.30940...	3	77380400		
				New	[1, 4, 2, 3...	0.57735...	3	77424500		
				New	[1, 4, 7, 2...	1.63299...	3	77465700		
				New	[1, 4, 7, 2...	1.63299...	3	77505700		
				New	[1, 4, 2, 3...	2.88675...	3	77545100		
				New	[1, 4, 2, 3...	1.63299...	3	77584200		
				New	[1, 2, 5, 3...	1.63299...	3	77631600		
				New	[1, 2, 3, 5...	1.82574...	3	77678600		
				Minimum Workstations: 2						

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,6	1	14
1	4,6	6	8
1	4	4	5
2	2,5	5	10
2	2,7	7	5
3	2,3	3	11
3	2,2	2	6

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	1	0.19	0	Old (3)	[1, 4, 7, 2...	0.57735...	3	30751600		
2	5	2.321	1	Old (2)	[1, 4, 7, 2...	0.57735...	3	32398200		
3	4	3.919	2	Mutation	[1, 4, 2, 7...	1.82574...	3	33988400		
4	3	2.088	1	Mutation	[1, 4, 7, 2...	3.10912...	3	34016800		
5	5	2.211	2	Child	[1, 4, 7, 2...	1.82574...	3	34047600		
6	6	1.026	5	Child	[1, 4, 7, 2...	3.10912...	3	34074000		
7	5	0.33	4	Child	[1, 4, 7, 2...	0.57735...	3	34100500		
				Child	[1, 4, 2, 7...	0.57735...	3	34129400		
				New	[1, 4, 7, 2...	1.82574...	3	34132200		
				New	[1, 2, 3, 4...	2.88675...	3	34161500		
				New	[1, 4, 2, 3...	2.88675...	3	34188100		
				New	[1, 2, 4, 3...	1.63299...	3	34217100		
				New	[1, 2, 4, 3...	2.88675...	3	34247000		
				New	[1, 2, 3, 4...	3.10912...	3	34277700		
				New	[1, 4, 2, 7...	1.63299...	3	34305600		
				New	[1, 4, 2, 5...	2.88675...	3	34334200		
				New	[1, 4, 7, 2...	1.63299...	3	34363400		
				New	[1, 4, 7, 2...	1.82574...	3	34389900		
				New	[1, 2, 4, 7...	1.82574...	3	34417900		
				New	[1, 2, 5, 4...	1.63299...	3	34443700		
				Minimum Workstations: 2						

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,6	1	14
1	4,6	6	8
1	4,5	4	5
2	7,5	7	10
2	2,5	5	5
3	2,3	2	10
3	3,3	3	6

6.4 Tiempo de ciclo 18

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	1	0.19	0	Old (4)	[1, 4, 7, 2...	0.57735...	3	149088100		
2	5	2.321	1	Old (4)	[1, 4, 7, 2...	0.57735...	3	153817900		
3	4	3.919	2	Mutation	[1, 4, 2, 7...	0.57735...	3	158652400		
4	3	2.088	1	Mutation	[1, 4, 7, 2...	1.82574...	3	158790900		
5	5	2.211	2	Child	[1, 4, 7, 2...	4.04145...	3	158906900		
6	6	1.026	5	Child	[1, 4, 7, 2...	4.04145...	3	159018000		
7	5	0.33	4	Child	[1, 4, 2, 3...	4.04145...	3	159126500		
				Child	[1, 4, 2, 3...	4.04145...	3	159235800		
				New	[1, 2, 3, 5...	3.51188...	3	159240800		
				New	[1, 2, 3, 4...	4.04145...	3	159349100		
				New	[1, 2, 4, 5...	3.51188...	3	159458300		
				New	[1, 2, 5, 4...	4.76095...	3	159566800		
				New	[1, 4, 7, 2...	4.76095...	3	159672600		
				New	[1, 2, 4, 3...	4.04145...	3	159776100		
				New	[1, 2, 5, 3...	4.04145...	3	159882800		
				New	[1, 4, 7, 2...	4.04145...	3	159990200		
				New	[1, 2, 3, 5...	3.51188...	3	160094800		
				New	[1, 4, 2, 3...	0.57735...	3	160201800		
				New	[1, 2, 3, 4...	3.10912...	3	160306000		
				New	[1, 4, 2, 5...	4.76095...	3	160413700		
Minimum Workstations: 2										

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,6	1	17
1	4,6	6	11
1	4,5	4	8
2	7,5	5	13
2	7,3	7	8
3	2,3	2	13
3	3,3	3	9

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	1	0.19	0	Old (3)	[1, 4, 7, 2...	0.57735...	3	110527100		
2	5	2.321	1	Old (2)	[1, 4, 2, 3...	0.57735...	3	118273900		
3	4	3.919	2	Mutation	[1, 4, 2, 3...	0.57735...	3	121182100		
4	3	2.088	1	Mutation	[1, 4, 7, 2...	5.44671...	3	121296700		
5	5	2.211	2	Child	[1, 4, 7, 2...	5.22812...	3	121406400		
6	6	1.026	5	Child	[1, 4, 2, 3...	0.57735...	3	121511500		
7	5	0.33	4	Child	[1, 4, 7, 2...	4.04145...	3	121618300		
				Child	[1, 4, 7, 2...	6.02771...	3	121718600		
				New	[1, 2, 5, 6...	4.76095...	3	121723100		
				New	[1, 4, 7, 2...	4.04145...	3	121832000		
				New	[1, 4, 7, 2...	0.57735...	3	121941100		
				New	[1, 4, 7, 2...	0.57735...	3	122047000		
				New	[1, 2, 4, 5...	4.04145...	3	122156600		
				New	[1, 4, 2, 3...	0.57735...	3	122259300		
				New	[1, 2, 4, 3...	4.04145...	3	122367700		
				New	[1, 4, 2, 7...	0.57735...	3	122473400		
				New	[1, 4, 2, 5...	4.76095...	3	122575600		
				New	[1, 2, 4, 5...	4.04145...	3	122680400		
				New	[1, 2, 4, 5...	5.68624...	3	122784500		
				New	[1, 4, 2, 5...	4.76095...	3	122884400		
Minimum Workstations: 2										

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,6	1	17
1	4,6	6	11
1	4,5	4	8
2	2,5	2	13
2	3,5	3	9
3	7,5	7	13
3	5,5	5	8

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	1	0.19	0	Old (10)	[1, 4, 7, 2...	0.70710...	2	49669200		
2	5	2.321	1	Old (10)	[1, 4, 7, 2...	0.70710...	2	52331400		
3	4	3.919	2	Mutation	[1, 4, 7, 2...	6.02771...	3	54801100		
4	3	2.088	1	Mutation	[1, 4, 7, 2...	0.70710...	2	54884300		
5	5	2.211	2	Child	[1, 4, 7, 2...	0.70710...	2	54967100		
6	6	1.026	5	Child	[1, 4, 7, 2...	0.70710...	2	55046600		
7	5	0.33	4	Child	[1, 4, 7, 2...	0.70710...	2	55123700		
				Child	[1, 4, 7, 2...	0.70710...	2	55200700		
				New	[1, 2, 3, 5...	6.02771...	3	55203000		
				New	[1, 2, 3, 4...	4.04145...	3	55285600		
				New	[1, 2, 4, 3...	5.22812...	3	55365300		
				New	[1, 4, 7, 2...	4.04145...	3	55445100		
				New	[1, 4, 2, 3...	0.70710...	2	55528700		
				New	[1, 4, 7, 2...	6.45497...	3	55609100		
				New	[1, 2, 4, 5...	5.68624...	3	55689000		
				New	[1, 2, 4, 3...	6.45497...	3	55771100		
				New	[1, 2, 4, 3...	6.45497...	3	55852800		
				New	[1, 2, 3, 4...	5.22812...	3	55934500		
				New	[1, 4, 2, 7...	6.02771...	3	56013800		
				New	[1, 4, 2, 5...	4.76095...	3	56093100		

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,6	6	12
1	1,3	3	8
1	1	1	7
1	4	4	4
2	7,5	7	13
2	2,5	5	8
2	2,2	2	3

Minimum Workstations: 2

7. Mitchell

7.1 Tiempo de ciclo 15

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Mean Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
11	3	1.333	9	Old (3)	[1, 2, 3, 4...	3.78993...	11	164520800		
12	1	0.076	9	Old (2)	[1, 2, 3, 4...	4.62781...	12	168723300		
13	5	5.602	9	Mutation	[1, 2, 3, 4...	4.89046...	12	173104200		
14	3	0.374	7	Mutation	[1, 2, 3, 4...	3.93122...	11	173366500		
15	5	0.049	10,11,12	Child	[1, 2, 3, 4...	4.69929...	12	173522900		
16	3	2.162	15	Child	[1, 2, 3, 4...	4.59165...	12	173675000		
17	13	0.946	13,16	Child	[1, 3, 4, 5...	4.71699...	12	174019800		
18	5	5.761	13,15	Child	[1, 2, 3, 4...	5.00832...	12	174357600		
19	2	0.599	14,18	New	[1, 2, 3, 4...	4.69929...	12	174381000		
20	3	0.64	17	New	[1, 3, 4, 2...	4.69929...	12	174559500		
21	7	8.127	2,4	New	[1, 2, 3, 4...	5.40654...	13	174821600		
				New	[1, 2, 3, 4...	4.62781...	12	174992800		
				New	[1, 2, 3, 4...	4.82182...	12	175161200		
				New	[1, 2, 3, 4...	4.59165...	12	175344700		
				New	[1, 3, 4, 2...	4.59165...	12	175610100		
				New	[1, 3, 4, 5...	5.26234...	13	175684300		
				New	[1, 2, 3, 4...	5.56085...	13	175752700		
				New	[1, 2, 3, 4...	5.30601...	13	175928500		
				New	[1, 3, 2, 4...	4.83907...	12	176003600		
				New	[1, 2, 3, 4...	4.55521...	12	176075800		

Station	Options	Assigned	Time Left
5	4,12	4	5
6	21,12	21	8
6	12	12	7
7	5,13	13	10
7	11	11	7
7	10	10	6
8	5,9	5	6
9	6,9	9	10
9	6	6	6
10	7,8	7	7
11	8,8	8	8

Minimum Workstations: 8

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Mean Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
11	3	1.333	9	Old (5)	[1, 2, 3, 4...	3.74165...	11	152691800		
12	1	0.076	9	Old (2)	[1, 2, 3, 4...	3.74165...	11	153346800		
13	5	5.602	9	Mutation	[1, 2, 3, 4...	4.90747...	12	157363600		
14	3	0.374	7	Mutation	[1, 2, 3, 4...	4.02266...	11	157699100		
15	5	0.049	10,11,12	Child	[1, 2, 3, 4...	4.73462...	12	157870300		
16	3	2.162	15	Child	[1, 2, 3, 4...	4.66368...	12	157942200		
17	13	0.946	13,16	Child	[1, 2, 3, 4...	3.74165...	11	158096200		
18	5	5.761	13,15	Child	[1, 2, 3, 4...	4.69929...	12	158347700		
19	2	0.599	14,18	New	[1, 3, 2, 4...	4.0	11	158379100		
20	3	0.64	17	New	[1, 2, 3, 4...	4.55521...	12	158575000		
21	7	8.127	2,4	New	[1, 3, 2, 4...	4.87339...	12	158849100		
6	21,13	21	8	New	[1, 3, 2, 4...	5.46316...	13	159033500		
7	5,13	13	10	New	[1, 2, 3, 4...	3.74165...	11	159133100		
7	11	11	7	New	[1, 2, 3, 4...	3.88470...	11	159407900		
7	10	10	6	New	[1, 2, 3, 4...	4.95815...	12	159770900		
7	12	12	5	New	[1, 3, 2, 4...	3.88470...	11	160057100		
8	5,9	5	6	New	[1, 3, 4, 2...	4.69929...	12	160149600		
9	6,9	9	10	New	[1, 3, 4, 2...	4.51848...	12	160337800		
9	6	6	6	New	[1, 2, 3, 4...	3.78993...	11	160431000		
10	7,8	8	8	New	[1, 3, 2, 4...	4.73462...	12	160696500		
10	14	14	5							
11	7,7	7	7							

Station	Options	Assigned	Time Left
6	21,13	21	8
7	5,13	13	10
7	11	11	7
7	10	10	6
7	12	12	5
8	5,9	5	6
9	6,9	9	10
9	6	6	6
10	7,8	8	8
10	14	14	5
11	7,7	7	7

Minimum Workstations: 8

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Mean Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
11	3	1.333	9	Old (2)	[1, 3, 4, 2...	2.88097...	10	124738700		
12	1	0.076	9	Old (2)	[1, 2, 3, 4...	2.91547...	10	124927700		
13	5	5.602	9	Mutation	[1, 3, 4, 5...	4.06761...	11	128764400		
14	3	0.374	7	Mutation	[1, 2, 3, 4...	4.17786...	11	129020800		
15	5	0.049	10,11,12	Child	[1, 3, 4, 2...	2.84604...	10	129279500		
16	3	2.162	15	Child	[1, 2, 3, 4...	4.02266...	11	129351600		
17	13	0.946	13,16	Child	[1, 3, 4, 2...	3.08220...	10	129424000		
18	5	5.761	13,15	Child	[1, 3, 4, 2...	3.14642...	10	129514800		
19	2	0.599	14,18	New	[1, 2, 3, 4...	5.09084...	12	129544900		
20	3	0.64	17	New	[1, 2, 3, 4...	4.28528...	11	129742800		
21	7	8.127	2,4	New	[1, 3, 4, 5...	3.78993...	11	130028200		
6	6,15	15	10	New	[1, 2, 3, 4...	3.81385...	11	130314700		
6	6,10	6	6	New	[1, 3, 2, 4...	3.20936...	10	130424600		
6	10	10	5	New	[1, 2, 3, 4...	4.41073...	11	130523300		
7	7,11	7	7	New	[1, 2, 3, 4...	2.98328...	10	130627900		
8	8,11	8	8	New	[1, 2, 3, 4...	4.08989...	11	130914300		
8	11	11	5	New	[1, 2, 3, 4...	4.36931...	11	131189000		
9	21,13	13	10	New	[1, 2, 3, 4...	4.02266...	11	131401100		
9	12	12	9	New	[1, 2, 3, 4...	2.88097...	10	131498400		
9	9	9	4	New	[1, 2, 3, 4...	4.34845...	11	131597100		
10	21,14	14	12							
10	21,21	21	5							

Station	Options	Assigned	Time Left
6	6,15	15	10
6	6,10	6	6
6	10	10	5
7	7,11	7	7
8	8,11	8	8
8	11	11	5
9	21,13	13	10
9	12	12	9
9	9	9	4
10	21,14	14	12
10	21,21	21	5

Minimum Workstations: 8

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	4	0.642	0	Old (2)	[1, 3, 4, 2...	1.64750...	7	93508400		
2	3	0.533	1	Old (3)	[1, 3, 4, 2...	1.73205...	7	86892200		
3	9	1.73	1	Mutation	[1, 3, 4, 2...	6.07247...	8	98468400		
4	5	4.557	3	Mutation	[1, 2, 3, 4...	4.01781...	7	98667100		
5	9	6.705	4	Child	[1, 3, 4, 2...	4.93710...	8	98771900		
6	4	1.357	5	Child	[1, 3, 4, 2...	6.11350...	8	98958100		
7	8	10.176	5	Child	[1, 3, 4, 2...	4.98748...	8	99249900		
8	7	3.333	6,7	Child	[1, 3, 4, 2...	2.72554...	7	99639800		
9	5	0.191	8	New	[1, 3, 2, 4...	3.44342...	7	99671600		
10	1	0.192	9	New	[1, 2, 3, 4...	6.19475...	8	99987700		
11	3	1.333	9	New	[1, 3, 2, 4...	3.82426...	8	1002075...		
4	4,13	4,13	13	New	[1, 2, 3, 4...	5.39675...	8	1003299...		
4	4,10	4	5	New	[1, 2, 3, 4...	3.27326...	7	1005546...		
4	4,10	4	5	New	[1, 3, 4, 2...	6.15426...	8	1006686...		
5	21,10	21	14	New	[1, 3, 4, 2...	4.37321...	8	1007864...		
5	5,10	5	5	New	[1, 3, 4, 5...	1.25356...	7	1012094...		
6	7,10	10	20	New	[1, 2, 3, 4...	2.32992...	7	1013436...		
6	7,11	11	17	New	[1, 3, 4, 5...	3.90969...	7	1015842...		
6	7,9	9	12	New	[1, 3, 2, 4...	5.98957...	8	1016756...		
6	8	8	5	New	[1, 2, 3, 4...	2.50713...	7	1018417...		
7	7,14	7	13							
7	6,14	14	10							
7	6,6	6	6							

Minimum Workstations: 6

7.3 Tiempo de ciclo 26

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	4	0.642	0	Old (2)	[1, 2, 3, 4...	2.12132...	6	196476000		
2	3	0.533	1	Old (5)	[1, 3, 2, 4...	2.27303...	6	191978300		
3	9	1.73	1	Mutation	[1, 2, 3, 4...	2.12132...	6	200667900		
4	5	4.557	3	Mutation	[1, 3, 2, 4...	3.97911...	6	201256200		
5	9	6.705	4	Child	[1, 2, 3, 4...	3.62859...	6	201527800		
6	4	1.357	5	Child	[1, 3, 2, 4...	2.91547...	6	201866800		
7	8	10.176	5	Child	[1, 3, 2, 4...	4.06201...	6	202336000		
8	7	3.333	6,7	Child	[1, 3, 2, 4...	2.91547...	6	202394000		
9	5	0.191	8	New	[1, 3, 4, 2...	5.81664...	6	202417600		
10	1	0.192	9	New	[1, 3, 4, 2...	5.49241...	6	202680000		
11	3	1.333	9	New	[1, 3, 4, 5...	3.29140...	6	202755400		
3	2,11	2	7	New	[1, 3, 4, 5...	3.13581...	6	203015800		
4	5,11	11	23	New	[1, 2, 3, 4...	5.46198...	6	203188600		
4	5,13	5	14	New	[1, 3, 4, 2...	6.33771...	6	203355000		
4	13	13	9	New	[1, 3, 4, 2...	2.12132...	6	203440300		
4	10	10	8	New	[1, 2, 3, 4...	2.97209...	6	203597900		
5	21,9	9	21	New	[1, 3, 2, 4...	3.02765...	6	203700600		
5	21,8	8	14	New	[1, 2, 3, 4...	4.52769...	6	204021500		
5	21,6	6	10	New	[1, 3, 4, 2...	4.22295...	6	204105800		
5	14	14	7	New	[1, 3, 2, 4...	4.02077...	6	204259700		
6	21,7	7	18							
6	21,21	21	11							

Minimum Workstations: 5

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	4	0.642	0	Old (2)	[1, 3, 2, 4...	1.95789...	6	92968800		
2	3	0.533	1	Old (3)	[1, 2, 3, 4...	2.91547...	6	90923400		
3	9	1.73	1	Mutation	[1, 3, 2, 4...	5.87367...	6	95429500		
4	5	4.557	3	Mutation	[1, 2, 3, 4...	5.40061...	6	95592300		
5	9	6.705	4	Child	[1, 3, 2, 4...	7.29154...	6	95875200		
6	4	1.357	5	Child	[1, 2, 3, 4...	6.67083...	6	96022000		
7	8	10.176	5	Child	[1, 3, 2, 4...	4.06201...	6	96167500		
8	7	3.333	6,7	Child	[1, 3, 2, 4...	5.49241...	6	96294100		
9	5	0.191	8	New	[1, 2, 3, 4...	4.63680...	6	96317900		
10	1	0.192	9	New	[1, 2, 3, 4...	6.62067...	6	96487800		
11	3	1.333	9	New	[1, 2, 3, 4...	5.01663...	6	96641600		
12	6	6.000	9	New	[1, 2, 3, 4...	6.17791...	6	96926500		
13	4	5,15	5	New	[1, 2, 3, 4...	6.74536...	6	97285000		
14	4	6,15	15	New	[1, 2, 3, 4...	6.41612...	6	97576300		
15	5	6,13	13	New	[1, 2, 3, 4...	5.95818...	6	97729500		
16	5	6,10	6	New	[1, 2, 3, 4...	5.01663...	6	97944400		
17	5	7,10	7	New	[1, 2, 3, 4...	3.18852...	6	98097200		
18	5	10	10	New	[1, 3, 4, 5...	4.26223...	6	98376500		
19	6	8,11	8	New	[1, 2, 3, 4...	2.04124...	6	98530700		
20	6	14,11	11	New	[1, 2, 3, 4...	5.30722...	6	98755400		
21	6	14,12	12							
22	6	14,9	9							
23	6	14,14	14							

Station	Options	Assigned	Time Left
4	5,15	5	12
4	6,15	15	7
5	6,13	13	21
5	6,10	6	17
5	7,10	7	9
5	10	10	8
6	8,11	8	19
6	14,11	11	16
6	14,12	12	15
6	14,9	9	10
6	14,14	14	7

Minimum Workstations: 5

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	4	0.642	0	Old (3)	[1, 2, 3, 4...	2.36643...	5	92700400		
2	3	0.533	1	Old (2)	[1, 2, 3, 4...	2.91547...	6	99433400		
3	9	1.73	1	Mutation	[1, 2, 3, 4...	6.09644...	6	103483700		
4	5	4.557	3	Mutation	[1, 2, 3, 4...	5.08265...	6	103610800		
5	9	6.705	4	Child	[1, 2, 3, 4...	7.75671...	6	103928000		
6	4	1.357	5	Child	[1, 2, 3, 4...	7.44983...	6	104127400		
7	8	10.176	5	Child	[1, 3, 2, 4...	4.26223...	6	104251100		
8	7	3.333	6,7	Child	[1, 3, 2, 4...	4.26223...	6	104497400		
9	5	0.191	8	New	[1, 3, 2, 4...	7.94774...	6	104518000		
10	1	0.192	9	New	[1, 3, 4, 2...	5.93014...	6	104670700		
11	3	1.333	9	New	[1, 3, 2, 4...	8.15475...	6	104866900		
12	6	6.000	9	New	[1, 3, 2, 4...	7.33712...	6	105008000		
13	3	16	16	New	[1, 3, 4, 5...	1.34164...	5	105216100		
14	4	8,18	18	New	[1, 3, 4, 5...	6.06904...	6	105421900		
15	4	8,15	8	New	[1, 3, 4, 5...	8.03118...	6	105684600		
16	4	9,15	9	New	[1, 3, 2, 4...	6.67083...	6	105881500		
17	4	12,15	15	New	[1, 2, 3, 4...	8.15913...	7	106080100		
18	5	12,11	12	New	[1, 3, 4, 5...	6.23163...	6	106171600		
19	5	10,11	10	New	[1, 3, 4, 2...	4.52769...	6	106324400		
20	5	13,11	11	New	[1, 3, 4, 2...	7.08284...	6	106527700		
21	5	13,21	21							
22	5	13,2	2							
23	5	13,13	13							

Station	Options	Assigned	Time Left
3	16	16	6
4	8,18	18	21
4	8,15	8	14
4	9,15	9	9
4	12,15	15	4
5	12,11	12	25
5	10,11	10	24
5	13,11	11	21
5	13,21	21	14
5	13,2	2	11
5	13,13	13	6

Minimum Workstations: 5

7.4 Tiempo de ciclo 35

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
11	3	1.333	9	Old (3)	[1, 3, 2, 4...	0.86602...	4	257601400		
12	1	0.076	9	Old (2)	[1, 2, 3, 4...	0.86602...	4	267483400		
13	5	5.602	9	Mutation	[1, 3, 2, 4...	0.86602...	4	274931500		
14	3	0.374	7	Mutation	[1, 2, 3, 4...	9.49736...	5	277701100		
15	5	0.049	10,11,12	Child	[1, 3, 2, 4...	10.0995...	5	278054600		
16	3	2.162	15	Child	[1, 2, 3, 4...	2.06155...	4	278250000		
17	13	0.946	13,16	Child	[1, 3, 2, 4...	9.49736...	5	278656700		
18	5	5.761	13,15	Child	[1, 3, 2, 4...	10.3344...	5	278994100		
19	2	0.599	14,18	New	[1, 2, 3, 4...	10.1488...	5	279014300		
20	3	0.64	17	New	[1, 2, 3, 4...	9.05538...	5	279292700		
21	7	8.127	2,4	New	[1, 2, 3, 4...	12.2882...	5	279567400		
	Station	Options	Assigned	Time Left	New	[1, 2, 3, 4...	9.52890...	5	279981800	
3	5,15	15	30	New	[1, 2, 3, 4...	1.11803...	4	280191700		
3	5,10	5	21	New	[1, 3, 2, 4...	1.11803...	4	280462500		
3	6,10	6	17	New	[1, 3, 4, 2...	11.7132...	5	280740900		
3	7,10	7	9	New	[1, 2, 3, 4...	2.17944...	4	281080300		
4	14,10	10	34	New	[1, 2, 3, 4...	10.0995...	5	281348500		
4	14,12	14	31	New	[1, 2, 3, 4...	9.73652...	5	281698900		
4	21,12	12	30	New	[1, 3, 4, 5...	1.11803...	4	282247600		
4	21,11	21	23	New	[1, 2, 3, 4...	9.47628...	5	282597000		
4	8,11	8	16							
4	9,11	11	13							
4	9,9	9	8							

Minimum Workstations: 4

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
11	3	1.333	9	Old (2)	[1, 3, 2, 4...	0.86602...	4	173490300		
12	1	0.076	9	Old (2)	[1, 3, 2, 4...	0.86602...	4	174537500		
13	5	5.602	9	Mutation	[1, 3, 2, 4...	3.77491...	4	178526200		
14	3	0.374	7	Mutation	[1, 3, 2, 4...	1.11803...	4	178758300		
15	5	0.049	10,11,12	Child	[1, 3, 2, 4...	1.11803...	4	179036200		
16	3	2.162	15	Child	[1, 3, 2, 4...	2.06155...	4	179308400		
17	13	0.946	13,16	Child	[1, 3, 2, 4...	2.06155...	4	179468600		
18	5	5.761	13,15	Child	[1, 3, 4, 2...	0.86602...	4	179622200		
19	2	0.599	14,18	New	[1, 3, 4, 2...	0.86602...	4	179642300		
20	3	0.64	17	New	[1, 2, 3, 4...	10.0598...	5	179928800		
21	7	8.127	2,4	New	[1, 3, 2, 4...	10.4498...	5	180205100		
	Station	Options	Assigned	Time Left	New	[1, 2, 3, 4...	4.82182...	4	180383900	
3	8,17	8	28	New	[1, 3, 4, 2...	5.59016...	4	180618800		
3	21,17	21	21	New	[1, 3, 4, 5...	5.93717...	4	180843600		
3	9,17	9	16	New	[1, 3, 2, 4...	10.0598...	5	181130900		
3	12	12	15	New	[1, 2, 3, 4...	4.97493...	4	181401800		
3	10	10	14	New	[1, 2, 3, 4...	2.17944...	4	181630400		
3	11	11	11	New	[1, 2, 3, 4...	1.11803...	4	181800100		
3	14	14	8	New	[1, 3, 4, 2...	9.52890...	5	182024900		
4	15,17	17	22	New	[1, 3, 2, 4...	3.57071...	4	182253200		
4	15,13	13	17							
4	15,16	15	12							
4	16,16	16	9							

Minimum Workstations: 4

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation					
Task	Time	Variance	Precedence			Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View
11	3	1.333	9			Old (3)	[1, 2, 3, 4...	0.86602...	4	160790200	
12	1	0.076	9			Old (2)	[1, 2, 3, 4...	1.11803...	4	169558100	
13	5	5.602	9			Mutation	[1, 2, 3, 4...	4.5	4	173785800	
14	3	0.374	7			Mutation	[1, 2, 3, 4...	1.5	4	173951800	
15	5	0.049	10,11,12			Child	[1, 2, 3, 4...	5.40832...	4	174164900	
16	3	2.162	15			Child	[1, 2, 3, 4...	4.71699...	4	174373300	
17	13	0.946	13,16			Child	[1, 3, 2, 4...	2.69258...	4	174632000	
18	5	5.761	13,15			Child	[1, 3, 2, 4...	2.69258...	4	174839800	
19	2	0.599	14,18			New	[1, 2, 3, 4...	3.35410...	4	174858400	
20	3	0.64	17			New	[1, 3, 4, 5...	6.57647...	4	175077700	
21	7	8.127	2,4			New	[1, 2, 3, 4...	5.02493...	4	175355300	
	Station	Options	Assigned	Time Left		New	[1, 3, 4, 2...	6.87386...	4	175524300	
3	6,16	16	24			New	[1, 3, 4, 5...	4.71699...	4	175740500	
3	6,15	6	20			New	[1, 3, 4, 2...	3.04138...	4	176133400	
3	21,15	21	13			New	[1, 3, 4, 5...	4.15331...	4	176404100	
3	15	15	8			New	[1, 3, 2, 4...	3.04138...	4	176730300	
4	8,11	8	28			New	[1, 3, 2, 4...	5.31507...	4	177001200	
4	14,11	11	25			New	[1, 3, 4, 5...	6.10327...	4	177268900	
4	14,12	12	24			New	[1, 2, 3, 4...	4.15331...	4	177592900	
4	14,10	14	21			New	[1, 3, 4, 5...	5.02493...	4	177811500	
4	9,10	10	20								
4	9,13	9	15								
4	13,13	13	10								
Minimum Workstations: 4											

7.5 Tiempo de ciclo 39

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation					
Task	Time	Variance	Precedence			Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View
11	3	1.333	9			Old (3)	[1, 2, 3, 4...	2.69258...	4	269036800	
12	1	0.076	9			Old (3)	[1, 2, 3, 4...	3.5	4	278136500	
13	5	5.602	9			Mutation	[1, 2, 3, 4...	5.02493...	4	289491800	
14	3	0.374	7			Mutation	[1, 2, 3, 4...	8.07774...	4	289847000	
15	5	0.049	10,11,12			Child	[1, 2, 3, 4...	8.04673...	4	290400600	
16	3	2.162	15			Child	[1, 2, 3, 4...	7.66485...	4	291132700	
17	13	0.946	13,16			Child	[1, 3, 4, 2...	6.5	4	291477300	
18	5	5.761	13,15			Child	[1, 2, 3, 4...	6.10327...	4	291740100	
19	2	0.599	14,18			New	[1, 2, 3, 4...	5.67890...	4	291767400	
20	3	0.64	17			New	[1, 3, 4, 5...	7.66485...	4	292420500	
21	7	8.127	2,4			New	[1, 2, 3, 4...	7.22841...	4	293069800	
	Station	Options	Assigned	Time Left		New	[1, 2, 3, 4...	4.55521...	4	293375800	
3	7,15	7	31			New	[1, 3, 2, 4...	8.13941...	4	293657900	
3	21,15	15	26			New	[1, 3, 2, 4...	10.7354...	4	294135200	
3	21,12	21	19			New	[1, 3, 2, 4...	10.2591...	4	294425500	
3	6,12	12	18			New	[1, 3, 4, 2...	7.76208...	4	294804000	
3	6,14	6	14			New	[1, 3, 2, 4...	7.66485...	4	295265800	
3	14	14	11			New	[1, 3, 2, 4...	8.78919...	4	295641300	
4	8,13	13	34			New	[1, 3, 2, 4...	8.38152...	4	296456600	
4	8,10	10	33			New	[1, 2, 3, 4...	8.07774...	4	297205000	
4	8,11	11	30								
4	8,9	8	23								
4	9,9	9	18								
Minimum Workstations: 3											

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations	Next Generation					
Task	Time	Variance	Precedence		Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View
11	3	1.333	9		Old (2)	[1, 2, 3, 4...	6.22494...	4	219718000	
12	1	0.076	9		Old (3)	[1, 2, 3, 4...	6.87386...	4	215926300	
13	5	5.602	9		Mutation	[1, 2, 3, 4...	10.0623...	4	224913000	
14	3	0.374	7		Mutation	[1, 3, 4, 2...	10.7354...	4	225306900	
15	5	0.049	10,11,12		Child	[1, 2, 3, 4...	11.1691...	4	225636800	
16	3	2.162	15		Child	[1, 2, 3, 4...	10.3561...	4	225958900	
17	13	0.946	13,16		Child	[1, 2, 3, 4...	9.55248...	4	226227600	
18	5	5.761	13,15		Child	[1, 3, 2, 4...	10.5	4	226496600	
19	2	0.599	14,18		New	[1, 2, 3, 4...	10.8050...	4	226517100	
20	3	0.64	17		New	[1, 2, 3, 4...	8.52936...	4	226908700	
21	7	8.127	2,4		New	[1, 2, 3, 4...	11.0792...	4	227211100	
	Station	Options	Assigned	Time Left	New	[1, 2, 3, 4...	6.53834...	4	227506900	
3	7,13	7	31		New	[1, 2, 3, 4...	11.5	4	228069700	
3	21,13	21	24		New	[1, 3, 4, 5...	7.66485...	4	228299400	
3	6,13	6	20		New	[1, 3, 2, 4...	12.2576...	4	228646700	
3	14,13	14	17		New	[1, 2, 3, 4...	11.1915...	4	228927900	
3	8,13	13	12		New	[1, 2, 3, 4...	7.43303...	4	229162100	
4	8,15	8	32		New	[1, 2, 3, 4...	7.76208...	4	229345200	
4	9,15	15	27		New	[1, 2, 3, 4...	11.4564...	4	229523800	
4	9,12	9	22		New	[1, 3, 2, 4...	11.0113...	4	229708900	
4	10,12	12	21							
4	10,11	10	20							
4	11,11	11	17							

Minimum Workstations: 3

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations	Next Generation					
Task	Time	Variance	Precedence		Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View
11	3	1.333	9		Old (2)	[1, 3, 4, 5...	6.57647...	4	185722400	
12	1	0.076	9		Old (2)	[1, 2, 3, 4...	8.07774...	4	185505100	
13	5	5.602	9		Mutation	[1, 3, 4, 5...	8.07774...	4	190131700	
14	3	0.374	7		Mutation	[1, 3, 4, 5...	10.8050...	4	190521200	
15	5	0.049	10,11,12		Child	[1, 3, 4, 5...	13.0096...	4	190742800	
16	3	2.162	15		Child	[1, 2, 3, 4...	13.1244...	4	191363000	
17	13	0.946	13,16		Child	[1, 2, 3, 4...	13.1624...	4	191591900	
18	5	5.761	13,15		Child	[1, 2, 3, 4...	13.5922...	4	191830200	
19	2	0.599	14,18		New	[1, 2, 3, 4...	11.1467...	4	191851600	
20	3	0.64	17		New	[1, 3, 4, 5...	13.1244...	4	192106600	
21	7	8.127	2,4		New	[1, 2, 3, 4...	13.1244...	4	192360400	
	Station	Options	Assigned	Time Left	New	[1, 3, 2, 4...	13.5922...	4	192895300	
2	2,20	20	9		New	[1, 3, 4, 2...	11.4564...	4	193087900	
3	2,17	17	26		New	[1, 3, 2, 4...	11.4564...	4	193581900	
3	2,16	2	23		New	[1, 2, 3, 4...	13.1244...	4	194004000	
3	21,16	21	16		New	[1, 3, 2, 4...	10.8050...	4	194325000	
3	9,16	16	13		New	[1, 3, 4, 2...	13.5738...	4	194576300	
3	9,15	9	8		New	[1, 2, 3, 4...	11.5866...	4	194766700	
4	13,15	15	34		New	[1, 3, 2, 4...	12.2983...	4	195072500	
4	13,12	13	29		New	[1, 3, 2, 4...	14.2214...	4	195382200	
4	10,12	12	28							
4	10,11	10	27							
4	11,11	11	24							

Minimum Workstations: 3

ANEXO 5

Resultados para el algoritmo baja varianza

1. Bowman

1.1 Tiempo de ciclo 20

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	11	3.14	0	Old (3)	[1, 2, 3, 4...	5.08265...	6	141542100			
2	17	1.149	1	Old (2)	[1, 2, 3, 4...	5.08265...	6	146380000			
3	9	2.026	2	Mutation	[1, 2, 3, 4...	5.08265...	6	151389600			
4	5	0.147	2	Mutation	[1, 2, 3, 4...	5.08265...	6	151416100			
5	8	1.741	3	Child	[1, 2, 3, 4...	5.46198...	6	151443700			
6	12	4.779	3,4	Child	[1, 2, 3, 4...	5.46198...	6	151464700			
7	10	0.995	5	Child	[1, 2, 3, 4...	5.46198...	6	151484600			
8	3	0.335	6	Child	[1, 2, 3, 4...	5.46198...	6	151505400			
				New	[1, 2, 4, 3...	5.46198...	6	151510200			
				New	[1, 2, 4, 3...	5.27573...	6	151534700			
				New	[1, 2, 4, 3...	5.52268...	6	151755400			
				New	[1, 2, 4, 3...	5.08265...	6	151877900			
				New	[1, 2, 3, 5...	5.52268...	6	152004900			
				New	[1, 2, 3, 4...	5.36966...	6	152030500			
				New	[1, 2, 4, 3...	5.36966...	6	152055900			
				New	[1, 2, 4, 3...	5.40061...	6	152176200			
				New	[1, 2, 3, 4...	5.36966...	6	152293100			
				New	[1, 2, 4, 3...	5.08265...	6	152317300			
				New	[1, 2, 3, 4...	5.08265...	6	152433000			
				New	[1, 2, 4, 3...	5.36966...	6	152642200			
				Minimum Workstations: 4							

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,7	1	9
2	2,7	7	10
3	2,5	5	12
3	8	8	9
4	2,6	2	3
5	3,6	6	8
6	3,4	4	15
6	3,3	3	6

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	11	3.14	0	Old (3)	[1, 2, 4, 3...	5.08265...	6	45174400		
2	17	1.149	1	Old (6)	[1, 2, 4, 3...	5.08265...	6	47027100		
3	9	2.026	2	Mutation	[1, 2, 4, 3...	5.40061...	6	53344100		
4	5	0.147	2	Mutation	[1, 2, 4, 3...	5.11533...	6	53474800		
5	8	1.741	3	Child	[1, 2, 4, 3...	5.40061...	6	53594600		
6	12	4.779	3,4	Child	[1, 2, 4, 3...	5.08265...	6	53705300		
7	10	0.995	5	Child	[1, 2, 4, 3...	5.08265...	6	53725700		
8	3	0.335	6	Child	[1, 2, 4, 3...	5.08265...	6	53745700		
				New	[1, 2, 3, 5...	5.36966...	6	53751400		
				New	[1, 2, 4, 3...	5.11533...	6	53871500		
				New	[1, 2, 3, 5...	5.52268...	6	53982600		
				New	[1, 2, 3, 5...	5.36966...	6	54098000		
				New	[1, 2, 3, 5...	5.21216...	6	54213000		
				New	[1, 2, 3, 4...	5.46198...	6	54243300		
				New	[1, 2, 4, 3...	5.52268...	6	54267000		
				New	[1, 2, 4, 3...	5.36966...	6	54381500		
				New	[1, 2, 4, 3...	5.08265...	6	54496600		
				New	[1, 2, 4, 3...	5.52268...	6	54690800		
				New	[1, 2, 4, 3...	5.27573...	6	54805100		
				New	[1, 2, 3, 4...	5.36966...	6	54913800		
				Minimum Workstations: 4						
Station	Options	Assigned	Time Left							
1	1,7	7	10							
2	1,5	5	12							
2	8	8	9							
3	1,6	6	8							
4	1,3	3	11							
4	4	4	6							
5	1,2	1	9							
6	2,2	2	3							

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	11	3.14	0	Old (3)	[1, 2, 3, 5...	2.75680...	5	37240600		
2	17	1.149	1	Old (2)	[1, 2, 3, 5...	2.75680...	5	39050100		
3	9	2.026	2	Mutation	[1, 2, 3, 5...	3.22490...	5	40884500		
4	5	0.147	2	Mutation	[1, 2, 3, 5...	2.75680...	5	40967400		
5	8	1.741	3	Child	[1, 2, 3, 5...	2.96647...	5	40993100		
6	12	4.779	3,4	Child	[1, 2, 3, 5...	3.40587...	5	41072500		
7	10	0.995	5	Child	[1, 2, 3, 5...	2.75680...	5	41152300		
8	3	0.335	6	Child	[1, 2, 3, 5...	3.40587...	5	41231000		
				New	[1, 2, 3, 4...	3.22490...	5	41233900		
				New	[1, 2, 3, 4...	6.06904...	6	41310600		
				New	[1, 2, 3, 5...	3.40587...	5	41445700		
				New	[1, 2, 3, 5...	3.40587...	5	41468800		
				New	[1, 2, 4, 3...	2.75680...	5	41492300		
				New	[1, 2, 3, 5...	2.96647...	5	41573600		
				New	[1, 2, 4, 3...	3.22490...	5	41597500		
				New	[1, 2, 3, 4...	5.36966...	6	41675600		
				New	[1, 2, 3, 4...	5.36966...	6	41699900		
				New	[1, 2, 3, 5...	3.22490...	5	41722700		
				New	[1, 2, 3, 5...	2.75680...	5	41741400		
				New	[1, 2, 4, 3...	5.08265...	6	41763800		
				Minimum Workstations: 4						
Station	Options	Assigned	Time Left							
1	1,8	8	17							
1	1,6	1	6							
2	2,6	6	8							
3	2,7	2	3							
4	3,7	3	11							
4	5	5	3							
5	4,7	7	10							
5	4,4	4	5							

2. Heskiaoff

2.1 Tiempo de ciclo 205

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
18	8	0.078	7	Old (4)	[2, 6, 17, ...	12.6885...	6	138067300		
19	47	49.139	1	Old (2)	[2, 1, 6, 2, ...	14.5602...	6	139071900		
20	67	35.289	19	Mutation	[2, 6, 17, ...	21.7178...	6	146341500		
21	17	11.976	1	Mutation	[2, 1, 6, 1, ...	65.4457...	7	146842600		
22	8	0.196	1	Child	[2, 6, 17, ...	18.3393...	6	147144700		
23	3	0.2	1	Child	[2, 1, 6, 2, ...	15.6418...	6	147695500		
24	21	23.948	1	Child	[2, 1, 6, 2, ...	50.0585...	7	147998900		
25	107	344.311	24	Child	[1, 26, 8, ...	44.8457...	7	148137800		
26	3	0.159	1	New	[1, 5, 21, ...	49.5566...	7	148174200		
27	2	0.047	26	New	[1, 21, 24, ...	54.0634...	7	148449100		
28	72	61.895	3,4,5,14,15...	New	[1, 21, 22, ...	55.4565...	7	148618700		
				New	[1, 24, 21, ...	56.7337...	7	148835100		
				New	[2, 17, 1, ...	56.6669...	7	149026000		
				New	[2, 6, 1, 2, ...	44.0178...	7	149421200		
				New	[1, 23, 4, ...	65.2237...	7	149708700		
				New	[2, 6, 17, ...	46.2137...	7	150008100		
				New	[1, 4, 22, ...	38.5857...	7	150181100		
				New	[1, 2, 5, 6, ...	48.0133...	7	150374400		
				New	[1, 26, 24, ...	48.4369...	7	150865800		
				New	[1, 2, 3, 2, ...	57.3336...	7	151202300		

Station	Options	Assigned	Time Left
4	8,25	25	98
4	14	14	46
4	23	23	43
5	8,13	8	143
5	3,13	13	35
6	3,12	3	172
6	24,12	24	151
6	9,12	9	120
6	10,12	10	67
6	11,12	11	46
6	12,12	12	27

Minimum Workstations: 5

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	70	24.37	0	Old (9)	[2, 6, 7, 1, ...	14.8548...	6	166994600		
2	59	150.328	0	Old (2)	[1, 23, 3, ...	17.4451...	6	185053200		
3	33	58.423	1	Mutation	[2, 6, 7, 1, ...	15.1657...	6	187012200		
4	6	1.115	1	Mutation	[1, 23, 3, ...	21.0713...	6	187239800		
5	1	0.062	1	Child	[2, 6, 7, 1, ...	60.6394...	7	187502500		
6	27	4.052	2	Child	[1, 23, 3, ...	66.1772...	7	187766000		
7	17	9.604	6	Child	[2, 6, 1, 7, ...	51.8734...	7	187849300		
8	62	186.552	1	Child	[2, 6, 7, 1, ...	48.0624...	7	188057100		
9	31	3.24	8	New	[1, 2, 19, ...	53.5643...	7	188092800		
10	53	16.754	9	New	[2, 17, 1, ...	57.2700...	7	188269100		
11	21	27.369	10	New	[1, 8, 3, 2, ...	16.7332...	6	188662000		
				New	[1, 4, 3, 2, ...	47.5139...	7	188930900		
				New	[1, 19, 3, ...	40.3042...	7	189281500		
				New	[1, 8, 3, 2, ...	50.8709...	7	189511200		
				New	[1, 24, 26, ...	35.1689...	7	189802500		
				New	[1, 4, 23, ...	45.0206...	7	189923600		
				New	[2, 6, 7, 1, ...	55.9668...	7	190371700		
				New	[1, 26, 5, ...	53.4308...	7	190600300		
				New	[1, 5, 3, 2, ...	54.8270...	7	190828400		
				New	[2, 1, 26, ...	50.4437...	7	191065400		

Station	Options	Assigned	Time Left
3	26	26	36
3	5	5	35
4	10,25	25	98
4	10	10	45
5	21,20	21	188
5	12,20	12	169
5	13,20	20	102
5	24	24	81
5	19	19	34
6	13,14	13	97
6	14,14	14	45

Minimum Workstations: 5

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	70	24.37	0	Old (2)	[2, 1, 6, 1...	10.2306...	6	131006800			
2	59	150.328	0	Old (2)	[1, 5, 4, 2...	12.0554...	6	130625900			
3	33	58.423	1	Mutation	[2, 1, 6, 1...	21.2053...	6	136168200			
4	6	1.115	1	Mutation	[1, 5, 4, 2...	57.5648...	7	136355700			
5	1	0.062	1	Child	[2, 1, 6, 1...	20.9364...	6	136546400			
6	27	4.052	2	Child	[1, 5, 4, 2...	63.4395...	7	136892700			
7	17	9.604	6	Child	[2, 1, 3, 2...	57.1114...	7	137078000			
8	62	186.552	1	Child	[1, 21, 2, ...	19.1920...	6	137213400			
9	31	3.24	8	New	[1, 8, 4, 1...	51.6692...	7	137248800			
10	53	16.754	9	New	[2, 6, 7, 1...	40.6283...	6	137472400			
11	21	27.369	10	New	[2, 1, 24, ...	57.6405...	7	138397600			
4	7,9	7	74	New	[1, 2, 22, ...	62.1036...	7	138929600			
4	9	9	43	New	[1, 23, 26...	60.2696...	7	139219700			
4	23	23	40	New	[1, 26, 21...	13.9880...	6	139559200			
5	8,25	8	143	New	[2, 17, 6, ...	60.5581...	7	139848100			
5	22,25	22	135	New	[1, 22, 2, ...	62.5334...	7	140195600			
5	3	3	102	New	[2, 6, 7, 1...	28.7170...	6	140429000			
5	18	18	94	New	[1, 24, 5, ...	23.2307...	6	140820800			
5	24	24	73	New	[1, 26, 8, ...	25.2982...	6	141370200			
5	19	19	26								
6	20,25	25	98								
6	20,20	20	31								

Station	Options	Assigned	Time Left
4	7,9	7	74
4	9	9	43
4	23	23	40
5	8,25	8	143
5	22,25	22	135
5	3	3	102
5	18	18	94
5	24	24	73
5	19	19	26
6	20,25	25	98
6	20,20	20	31

Minimum Workstations: 5

2.2 Tiempo de ciclo 216

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	70	24.37	0	Old (8)	[2, 1, 23, ...	12.1106...	6	134270000			
2	59	150.328	0	Old (2)	[2, 1, 23, ...	15.0775...	6	152018100			
3	33	58.423	1	Mutation	[2, 1, 23, ...	21.9089...	6	158111100			
4	6	1.115	1	Mutation	[2, 1, 23, ...	62.8478...	7	158388900			
5	1	0.062	1	Child	[2, 1, 23, ...	73.4282...	7	158759300			
6	27	4.052	2	Child	[2, 1, 23, ...	12.1518...	6	158897700			
7	17	9.604	6	Child	[2, 17, 1, ...	26.9505...	6	159374000			
8	62	186.552	1	Child	[2, 6, 7, 1...	30.9192...	6	159696600			
9	31	3.24	8	New	[2, 6, 1, 2...	25.8972...	6	159733900			
10	53	16.754	9	New	[1, 26, 23...	13.2413...	6	160104100			
11	21	27.369	10	New	[1, 21, 19...	18.7438...	6	160539900			
4	19,26	19	61	New	[2, 1, 6, 1...	60.1699...	7	160870300			
4	26	26	58	New	[2, 17, 6, ...	65.7060...	7	161161800			
4	12	12	39	New	[1, 5, 23, ...	20.8006...	6	161555300			
4	12	12	39	New	[2, 6, 7, 1...	33.4713...	6	161884400			
5	20,10	10	163	New	[2, 1, 4, 2...	25.6515...	6	162321400			
5	20,9	9	132	New	[1, 19, 24...	67.8285...	7	162549300			
5	20,18	20	65	New	[1, 4, 24, ...	74.9142...	7	162875100			
5	18	18	57	New	[1, 22, 26...	40.5914...	6	163443000			
5	7	7	40	New	[1, 8, 2, 1...	58.5064...	7	163792200			
6	25,8	25	109								
6	5,8	8	47								
6	5,5	5	46								

Station	Options	Assigned	Time Left
4	19,26	19	61
4	26	26	58
4	12	12	39
5	20,10	10	163
5	20,9	9	132
5	20,18	20	65
5	18	18	57
5	7	7	40
6	25,8	25	109
6	5,8	8	47
6	5,5	5	46

Minimum Workstations: 5

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	70	24.37	0	Old (2)	[2, 17, 1, ...	17.3493...	6	186353000			
2	59	150.328	0	Old (2)	[1, 19, 20, ...	20.4124...	6	186979900			
3	33	58.423	1	Mutation	[2, 17, 1, ...	19.3476...	6	190671800			
4	6	1.115	1	Mutation	[1, 19, 20, ...	34.5832...	6	193447200			
5	1	0.062	1	Child	[2, 17, 1, ...	24.3447...	6	193631000			
6	27	4.052	2	Child	[1, 19, 20, ...	23.3880...	6	193950700			
7	17	9.604	6	Child	[1, 19, 8, ...	37.1618...	6	194678100			
8	62	186.552	1	Child	[1, 19, 8, ...	60.3785...	7	194989500			
9	31	3.24	8	New	[1, 23, 26, ...	22.0	6	195028700			
10	53	16.754	9	New	[2, 1, 3, 1, ...	42.6497...	6	195248800			
11	21	27.369	10	New	[1, 2, 21, ...	65.0966...	7	195578600			
5	22,25	22	208	New	[2, 6, 1, 7, ...	30.3260...	6	196017200			
5	21,25	25	101	New	[1, 24, 25, ...	30.6865...	6	196243100			
5	21,23	21	84	New	[1, 21, 24, ...	33.9165...	6	196638300			
5	3,23	3	51	New	[1, 3, 26, ...	62.8808...	7	197191100			
5	26,23	26	48	New	[2, 6, 7, 1, ...	25.5147...	6	197515500			
5	27,23	27	46	New	[2, 17, 1, ...	26.8700...	6	198018200			
5	23	23	43	New	[2, 1, 17, ...	79.7881...	7	198245400			
6	20,24	20	149	New	[1, 23, 2, ...	40.2781...	6	198570000			
6	9,24	24	128	New	[2, 1, 5, 2, ...	47.5304...	7	198846900			
6	9,10	9	97								
6	10,10	10	44								

Minimum Workstations: 5

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	70	24.37	0	Old (2)	[1, 8, 9, 2, ...	23.5442...	6	171434500			
2	59	150.328	0	Old (2)	[2, 17, 1, ...	25.0732...	6	166714300			
3	33	58.423	1	Mutation	[1, 8, 9, 2, ...	43.1547...	6	173148900			
4	6	1.115	1	Mutation	[2, 17, 1, ...	34.2393...	6	173504400			
5	1	0.062	1	Child	[1, 8, 9, 2, ...	37.9429...	6	173876300			
6	27	4.052	2	Child	[2, 17, 1, ...	20.9045...	6	174074000			
7	17	9.604	6	Child	[1, 3, 19, ...	36.7650...	6	174329000			
8	62	186.552	1	Child	[1, 4, 8, 2, ...	44.3208...	6	174784300			
9	31	3.24	8	New	[2, 17, 6, ...	57.4655...	7	174821400			
10	53	16.754	9	New	[1, 23, 21, ...	30.0388...	6	174950000			
11	21	27.369	10	New	[1, 26, 22, ...	19.5959...	6	175772900			
4	7,13	7	137	New	[1, 24, 25, ...	16.2378...	6	175964500			
4	8,13	8	75	New	[2, 17, 1, ...	30.0166...	6	176196100			
4	18	18	67	New	[1, 4, 2, 8, ...	43.5047...	6	176691900			
4	9	9	36	New	[1, 21, 24, ...	43.6768...	6	176962300			
5	24,13	24	195	New	[2, 1, 22, ...	45.2658...	6	177411500			
5	25,13	25	88	New	[2, 6, 7, 1, ...	40.2202...	6	177873600			
5	10	10	35	New	[1, 22, 19, ...	43.4587...	6	178093300			
6	11,13	13	108	New	[1, 21, 2, ...	42.4852...	6	178588500			
6	11,12	11	87	New	[2, 1, 24, ...	40.3691...	6	178865800			
6	15,12	12	68								
6	15,15	15	63								

Minimum Workstations: 5

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	70	24.37	0	Old (6)	[1, 5, 2, 1...	23.7486...	5	202529400		
2	59	150.328	0	Old (2)	[1, 3, 21, ...	25.3574...	5	225195100		
3	33	58.423	1	Mutation	[1, 5, 2, 1...	48.7708...	5	226974500		
4	6	1.115	1	Mutation	[1, 3, 21, ...	53.2747...	5	227664800		
5	1	0.062	1	Child	[1, 5, 2, 1...	49.5983...	5	228030400		
6	27	4.052	2	Child	[1, 3, 21, ...	50.3686...	5	228491300		
7	17	9.604	6	Child	[1, 22, 5, ...	52.9414...	5	228851100		
8	62	186.552	1	Child	[1, 5, 26, ...	28.0356...	5	229197600		
9	31	3.24	8	New	[1, 24, 5, ...	48.1559...	5	229234000		
10	53	16.754	9	New	[1, 26, 5, ...	51.5635...	5	229745700		
11	21	27.369	10	New	[1, 21, 24...	39.8446...	5	230125500		
3	9,2	9	58	New	[2, 6, 17, ...	41.3327...	5	230571200		
4	10,2	2	197	New	[2, 1, 6, 1...	43.1138...	5	233129400		
4	10,12	12	178	New	[1, 2, 22, ...	47.3392...	5	233415600		
4	10,25	25	71	New	[2, 17, 6, ...	54.8105...	5	233768800		
4	24	24	50	New	[1, 24, 21...	38.6781...	5	234192700		
4	26	26	47	New	[1, 22, 24...	52.5642...	5	234488800		
5	10,20	20	189	New	[2, 1, 22, ...	30.9709...	5	234890300		
5	10,4	4	183	New	[2, 17, 6, ...	33.8526...	5	235369900		
5	10,11	10	130	New	[2, 1, 3, 1...	33.1119...	5	235667900		
5	19,11	11	109							
5	19,19	19	62							

Minimum Workstations: 5

2.4 Tiempo de ciclo 324

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	70	24.37	0	Old (4)	[2, 1, 4, 2...	18.6145...	4	282987700		
2	59	150.328	0	Old (2)	[1, 2, 4, 2...	20.0374...	4	311989700		
3	33	58.423	1	Mutation	[2, 1, 4, 2...	38.3079...	4	320274900		
4	6	1.115	1	Mutation	[1, 22, 8, ...	18.9340...	4	320965100		
5	1	0.062	1	Child	[2, 1, 4, 2...	64.6993...	4	321538500		
6	27	4.052	2	Child	[1, 2, 4, 2...	51.8507...	4	321903900		
7	17	9.604	6	Child	[1, 26, 19...	42.2137...	4	322321800		
8	62	186.552	1	Child	[2, 1, 26, ...	27.5045...	4	322830800		
9	31	3.24	8	New	[2, 6, 1, 2...	47.2440...	4	322868800		
10	53	16.754	9	New	[1, 8, 3, 2...	28.3901...	4	323523800		
11	21	27.369	10	New	[1, 22, 19...	26.4952...	4	324114200		
3	25,13	13	216	New	[1, 19, 26...	23.1084...	4	324597100		
3	25,19	25	109	New	[1, 24, 25...	51.7058...	4	325038200		
3	5,19	19	62	New	[2, 6, 1, 8...	46.8134...	4	325719300		
3	5,11	5	61	New	[2, 1, 8, 2...	62.8211...	4	326100300		
4	6,11	11	303	New	[1, 5, 23, ...	127.344...	5	326488000		
4	6,18	18	295	New	[2, 1, 19, ...	23.7907...	4	327114400		
4	6,7	6	268	New	[1, 24, 19...	59.8873...	4	327566200		
4	10,7	7	251	New	[1, 4, 22, ...	55.3172...	4	328534700		
4	10,17	10	198	New	[1, 2, 17, ...	40.4722...	4	328974900		
4	12,17	12	179							
4	17,17	17	82							

Minimum Workstations: 4

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
18	8	0.078	7	Old (2)	[2, 1, 19, ...	65.6010...	4	239570400		
19	47	49.139	1	Old (2)	[1, 19, 26, ...	66.3136...	4	242088300		
20	67	35.289	19	Mutation	[2, 1, 19, ...	76.4558...	4	248092600		
21	17	11.976	1	Mutation	[1, 19, 26, ...	79.2811...	4	248952900		
22	8	0.196	1	Child	[2, 1, 19, ...	110.326...	4	249902700		
23	3	0.2	1	Child	[1, 19, 26, ...	73.1983...	4	250149900		
24	21	23.948	1	Child	[2, 6, 7, 1, ...	86.0784...	4	250616800		
25	107	344.311	24	Child	[1, 2, 17, ...	75.3558...	4	251181400		
26	3	0.159	1	New	[2, 6, 1, 2, ...	120.108...	4	251217900		
27	2	0.047	26	New	[2, 1, 5, 2, ...	92.1601...	4	251656400		
28	72	61.895	3,4,5,14,15...	New	[1, 4, 3, 2, ...	117.019...	4	251971400		
	Station	Options	Assigned	Time Left	New	[1, 5, 26, ...	93.7576...	4	252295900	
3	17,10	10	289	New	[2, 17, 1, ...	109.665...	4	252893300		
3	17,3	3	256	New	[1, 8, 2, 6, ...	65.3758...	4	253743100		
3	17,18	18	248	New	[1, 3, 26, ...	94.3318...	4	254146500		
3	17,25	25	141	New	[1, 3, 22, ...	95.5222...	4	254815900		
3	17,20	20	74	New	[1, 24, 2, ...	102.535...	4	255456500		
3	27	27	72	New	[1, 21, 23, ...	107.965...	4	255743400		
4	17,19	17	245	New	[1, 8, 21, ...	101.074...	4	256467900		
4	5,19	19	198	New	[1, 8, 5, 2, ...	105.614...	4	257057700		
4	5,7	7	181							
4	5,4	5	180							
4	4,4	4	174							

Minimum Workstations: 3

3. Jackson

3.1 Tiempo de ciclo 9

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.964$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	6	1.348	0	Old (8)	[1, 2, 3, 5, ...	1.41421...	8	97840400		
2	2	0.202	1	Old (2)	[1, 2, 3, 5, ...	1.41421...	8	1029655...		
3	5	1.37	1	Mutation	[1, 2, 3, 5, ...	2.93257...	10	1074542...		
4	7	0.615	1	Mutation	[1, 2, 3, 5, ...	1.41421...	8	1075207...		
5	1	0.011	1	Child	[1, 2, 3, 5, ...	1.41421...	8	1075747...		
6	2	0.214	2	Child	[1, 2, 3, 5, ...	1.41421...	8	1076244...		
7	3	0.03	3,4,5	Child	[1, 2, 3, 5, ...	1.41421...	8	1076631...		
8	6	0.894	6	Child	[1, 2, 3, 5, ...	1.58113...	8	1077014...		
9	5	1.24	7	New	[1, 4, 3, 2, ...	2.18581...	9	1077094...		
10	5	0.771	8	New	[1, 4, 5, 3, ...	2.18581...	9	1077903...		
11	4	0.018	9,10	New	[1, 3, 5, 2, ...	2.33333...	9	1080207...		
	Station	Options	Assigned	Time Left	New	[1, 5, 3, 2, ...	2.42670...	9	1080624...	
1	1,11	1	3	New	[1, 5, 3, 2, ...	1.5	8	1082627...		
1	2,11	2	7	New	[1, 5, 3, 2, ...	1.41421...	8	1084327...		
2	11	11	3	New	[1, 5, 4, 2, ...	1.5	8	1086181...		
3	3,9	3	4	New	[1, 2, 5, 6, ...	1.5	8	1087840...		
3	5	5	3	New	[1, 3, 5, 4, ...	1.58113...	8	1088337...		
4	4,9	4	2	New	[1, 4, 2, 6, ...	1.5	8	1088757...		
5	6,9	9	4	New	[1, 3, 4, 2, ...	2.33333...	9	1089328...		
6	6,7	6	7	New	[1, 2, 6, 5, ...	2.18581...	9	1089839...		
6	7	7	4							
7	8,10	8	3							
8	10,10	10	4							

Minimum Workstations: 6

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	6	1.348	0	Old (5)	[1, 2, 3, 4...	1.41421...	8	55224800		
2	2	0.202	1	Old (5)	[1, 2, 3, 4...	1.58113...	8	52526900		
3	5	1.37	1	Mutation	[1, 2, 3, 4...	1.80277...	8	57442900		
4	7	0.615	1	Mutation	[1, 2, 3, 4...	1.58113...	8	57489700		
5	1	0.011	1	Child	[1, 2, 3, 4...	1.58113...	8	57647400		
6	2	0.214	2	Child	[1, 2, 3, 4...	1.5	8	57789500		
7	3	0.03	3,4,5	Child	[1, 2, 3, 4...	1.58113...	8	57832200		
8	6	0.894	6	Child	[1, 2, 3, 4...	1.73205...	8	57984200		
9	5	1.24	7	New	[1, 4, 5, 2...	1.80277...	8	57992000		
10	5	0.771	8	New	[1, 5, 4, 2...	2.28521...	9	58147400		
11	4	0.018	9,10	New	[1, 4, 3, 2...	1.41421...	8	58187900		
				New	[1, 2, 4, 5...	1.58113...	8	58245500		
				New	[1, 4, 3, 2...	2.28521...	9	58384800		
				New	[1, 5, 3, 2...	2.56038...	9	58428100		
				New	[1, 4, 3, 2...	1.58113...	8	58472700		
				New	[1, 5, 3, 2...	2.96647...	10	58632700		
				New	[1, 3, 2, 5...	2.18581...	9	58674700		
				New	[1, 3, 5, 4...	1.58113...	8	58738600		
				New	[1, 2, 6, 5...	1.58113...	8	58787400		
				New	[1, 2, 6, 8...	1.65831...	8	58936500		

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,11	1	3
2	4,11	4	2
3	3,11	3	4
4	2,11	11	5
4	2	2	3
5	6,10	6	7
5	5,10	5	6
5	7	7	3
6	9,10	10	4
7	9,8	8	3
8	9,9	9	4

Minimum Workstations: 6

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	6	1.348	0	Old (3)	[1, 2, 5, 4...	1.5	8	48030000		
2	2	0.202	1	Old (3)	[1, 2, 5, 4...	1.5	8	49316500		
3	5	1.37	1	Mutation	[1, 2, 6, 8...	2.69258...	8	51718400		
4	7	0.615	1	Mutation	[1, 2, 5, 4...	1.5	8	51763400		
5	1	0.011	1	Child	[1, 2, 5, 4...	1.5	8	51809800		
6	2	0.214	2	Child	[1, 2, 5, 4...	1.5	8	51860100		
7	3	0.03	3,4,5	Child	[1, 2, 5, 4...	2.38047...	9	51896200		
8	6	0.894	6	Child	[1, 5, 2, 3...	1.93649...	8	51939000		
9	5	1.24	7	New	[1, 2, 4, 5...	1.93649...	8	51944800		
10	5	0.771	8	New	[1, 5, 3, 2...	1.65831...	8	52093800		
11	4	0.018	9,10	New	[1, 5, 2, 6...	1.65831...	8	52144500		
				New	[1, 2, 5, 3...	1.80277...	8	52183500		
				New	[1, 2, 6, 3...	2.23606...	9	52230900		
				New	[1, 5, 4, 2...	1.65831...	8	52270200		
				New	[1, 2, 5, 6...	1.58113...	8	52317600		
				New	[1, 2, 3, 4...	2.42670...	9	52452500		
				New	[1, 2, 5, 6...	1.80277...	8	52494800		
				New	[1, 5, 2, 6...	2.69258...	8	52549000		
				New	[1, 2, 3, 6...	1.87082...	8	52601400		
				New	[1, 4, 2, 3...	1.87082...	8	52756000		

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,11	1	3
2	2,11	11	5
2	2	2	3
2	5	5	2
3	4,9	9	4
4	4,10	10	4
5	4,8	8	3
6	4,6	6	7
6	7	7	4
7	4,3	3	4
8	4,4	4	2

Minimum Workstations: 6

3.2 Tiempo de ciclo 10

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	6	1.348	0	Old (3)	[1, 5, 3, 2...	1.69030...	7	151280600		
2	2	0.202	1	Old (2)	[1, 3, 2, 6...	1.77281...	7	162592000		
3	5	1.37	1	Mutation	[1, 5, 2, 3...	1.5	8	167112300		
4	7	0.615	1	Mutation	[1, 3, 4, 5...	2.54950...	8	167313000		
5	1	0.011	1	Child	[1, 5, 3, 2...	2.91547...	8	167557200		
6	2	0.214	2	Child	[1, 3, 2, 6...	2.95803...	8	167720500		
7	3	0.03	3,4,5	Child	[1, 5, 3, 2...	1.65831...	8	167884600		
8	6	0.894	6	Child	[1, 3, 5, 2...	2.56038...	9	168189800		
9	5	1.24	7	New	[1, 3, 2, 6...	2.64575...	8	168198400		
10	5	0.771	8	New	[1, 3, 2, 5...	2.95803...	8	168646100		
11	4	0.018	9,10	New	[1, 3, 5, 2...	3.49602...	9	168816200		
				New	[1, 5, 2, 4...	1.69030...	7	168988600		
				New	[1, 2, 3, 6...	1.92724...	7	169227300		
				New	[1, 5, 2, 4...	1.93649...	8	169532700		
				New	[1, 2, 4, 5...	2.54950...	8	169701500		
				New	[1, 3, 4, 2...	2.54950...	8	169873500		
				New	[1, 3, 4, 5...	2.80305...	7	170044100		
				New	[1, 5, 3, 4...	1.65831...	8	170351300		
				New	[1, 4, 5, 3...	1.58113...	8	170521500		
				New	[1, 3, 4, 5...	3.19722...	9	170688600		

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,11	1	4
1	5	5	3
2	2,11	2	8
2	11	11	4
3	4,9	4	3
4	3,9	3	5
4	6	6	3
5	8,9	8	4
6	10,9	9	5
7	10,7	10	5
7	7,7	7	2

Minimum Workstations: 5

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	6	1.348	0	Old (3)	[1, 2, 5, 3...	1.69030...	7	71256900		
2	2	0.202	1	Old (6)	[1, 2, 5, 3...	1.69030...	7	76909900		
3	5	1.37	1	Mutation	[1, 2, 5, 3...	1.69030...	7	80813100		
4	7	0.615	1	Mutation	[1, 2, 5, 3...	2.73861...	8	81007100		
5	1	0.011	1	Child	[1, 2, 5, 3...	1.69030...	7	81142600		
6	2	0.214	2	Child	[1, 2, 5, 3...	1.69030...	7	81271000		
7	3	0.03	3,4,5	Child	[1, 2, 4, 6...	1.77281...	7	81453900		
8	6	0.894	6	Child	[1, 2, 4, 6...	1.99999...	7	81582800		
9	5	1.24	7	New	[1, 2, 6, 4...	2.69258...	8	81591100		
10	5	0.771	8	New	[1, 3, 4, 5...	1.58113...	8	81674500		
11	4	0.018	9,10	New	[1, 3, 5, 2...	1.60356...	7	81756200		
				New	[1, 2, 5, 6...	1.69030...	7	81996800		
				New	[1, 2, 6, 5...	1.92724...	7	82131500		
				New	[1, 4, 2, 5...	1.69030...	7	82267300		
				New	[1, 3, 4, 2...	2.07019...	7	82559000		
				New	[1, 3, 4, 5...	1.92724...	7	82693700		
				New	[1, 4, 3, 5...	2.95803...	8	82931900		
				New	[1, 4, 5, 2...	1.92724...	7	83068800		
				New	[1, 4, 3, 5...	1.58113...	8	83307400		
				New	[1, 2, 4, 5...	2.07019...	7	83497200		

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,11	1	4
2	3,11	3	5
2	5	5	4
3	2,11	2	8
3	11	11	4
4	4,10	4	3
5	7,10	7	7
5	9,10	9	2
6	6,10	6	8
6	8,10	10	3
7	8,8	8	4

Minimum Workstations: 5

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	6	1.348	0	Old (3)	[1, 5, 2, 3...	1.69030...	7	68999200		
2	2	0.202	1	Old (2)	[1, 5, 2, 3...	1.69030...	7	74288500		
3	5	1.37	1	Mutation	[1, 5, 2, 6...	2.64575...	8	77297900		
4	7	0.615	1	Mutation	[1, 5, 2, 3...	2.0	7	77372800		
5	1	0.011	1	Child	[1, 5, 2, 3...	1.69030...	7	77501100		
6	2	0.214	2	Child	[1, 5, 2, 3...	1.69030...	7	77623900		
7	3	0.03	3,4,5	Child	[1, 5, 2, 3...	1.85164...	7	77697800		
8	6	0.894	6	Child	[1, 5, 2, 3...	1.69030...	7	77874900		
9	5	1.24	7	New	[1, 5, 3, 4...	3.0	8	77881000		
10	5	0.771	8	New	[1, 4, 2, 6...	2.91547...	8	78012000		
11	4	0.018	9,10	New	[1, 2, 5, 4...	1.85164...	7	78143400		
				New	[1, 4, 3, 2...	2.07019...	7	78376700		
				New	[1, 3, 2, 6...	1.92724...	7	78503400		
				New	[1, 3, 4, 2...	2.82842...	8	78680400		
				New	[1, 5, 3, 2...	1.93649...	8	78910300		
				New	[1, 5, 2, 4...	1.69030...	7	79238900		
				New	[1, 3, 4, 2...	2.07019...	7	79418600		
				New	[1, 2, 6, 5...	2.07019...	7	79547200		
				New	[1, 5, 2, 6...	1.85164...	7	79673900		
				New	[1, 3, 5, 4...	2.73861...	8	79802200		

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,11	1	4
1	5	5	3
2	2,11	2	8
2	3,11	3	3
3	6,11	11	6
3	6	6	4
4	8,9	8	4
5	4,9	4	3
6	10,9	9	5
6	7	7	2
7	10,10	10	5

Minimum Workstations: 5

3.3 Tiempo de ciclo 13

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	6	1.348	0	Old (2)	[1, 4, 2, 5...	1.09544...	5	137582600		
2	2	0.202	1	Old (2)	[1, 4, 2, 5...	1.09544...	5	136219400		
3	5	1.37	1	Mutation	[1, 4, 5, 3...	2.76887...	6	140929600		
4	7	0.615	1	Mutation	[1, 4, 2, 5...	1.78885...	5	141058300		
5	1	0.011	1	Child	[1, 4, 2, 5...	3.10912...	6	141167800		
6	2	0.214	2	Child	[1, 4, 2, 5...	2.76887...	6	141280200		
7	3	0.03	3,4,5	Child	[1, 5, 4, 3...	1.26491...	5	141550200		
8	6	0.894	6	Child	[1, 5, 4, 3...	2.88675...	6	141732900		
9	5	1.24	7	New	[1, 3, 4, 2...	1.26491...	5	141740700		
10	5	0.771	8	New	[1, 5, 4, 3...	1.26491...	5	141851900		
11	4	0.018	9,10	New	[1, 4, 2, 3...	3.36650...	6	142125500		
				New	[1, 2, 5, 4...	3.10912...	6	142394000		
				New	[1, 5, 2, 6...	2.0	6	142591300		
				New	[1, 2, 5, 3...	3.10912...	6	142702100		
				New	[1, 3, 2, 4...	1.26491...	5	142896600		
				New	[1, 5, 3, 4...	2.82842...	6	143093800		
				New	[1, 4, 3, 2...	1.41421...	5	143283500		
				New	[1, 2, 6, 8...	1.41421...	5	143471300		
				New	[1, 4, 5, 2...	2.94392...	6	143660300		
				New	[1, 5, 2, 6...	2.48997...	5	143772300		

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,11	11	9
1	1,10	1	3
2	5,10	5	12
2	4,10	4	5
3	3,10	10	8
3	3	3	3
4	2,8	8	7
4	2,6	6	5
4	2	2	3
5	7,9	9	8
5	7,7	7	5

Minimum Workstations: 4

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	6	1.348	0	Old (4)	[1, 3, 2, 4...	1.41421...	5	66982000		
2	2	0.202	1	Old (2)	[1, 4, 3, 2...	1.41421...	5	73801600		
3	5	1.37	1	Mutation	[1, 3, 2, 6...	1.41421...	5	76488900		
4	7	0.615	1	Mutation	[1, 4, 5, 2...	1.41421...	5	76572400		
5	1	0.011	1	Child	[1, 3, 2, 4...	2.32379...	5	76713200		
6	2	0.214	2	Child	[1, 4, 3, 2...	3.87298...	6	76845800		
7	3	0.03	3,4,5	Child	[1, 2, 4, 5...	3.31662...	6	77039500		
8	6	0.894	6	Child	[1, 2, 4, 5...	2.79284...	5	77124600		
9	5	1.24	7	New	[1, 3, 4, 2...	2.48997...	5	77132300		
10	5	0.771	8	New	[1, 3, 4, 5...	2.79284...	5	77319000		
11	4	0.018	9,10	New	[1, 5, 3, 4...	2.82842...	6	77463000		
				New	[1, 3, 5, 4...	2.48997...	5	77543700		
				New	[1, 5, 4, 3...	2.32379...	5	77784200		
				New	[1, 5, 3, 2...	3.16227...	6	77877000		
				New	[1, 3, 2, 4...	1.78885...	5	78010800		
				New	[1, 5, 4, 3...	4.04145...	6	78203500		
				New	[1, 5, 3, 4...	2.86356...	5	78282600		
				New	[1, 5, 2, 6...	2.48997...	5	78360400		
				New	[1, 3, 5, 2...	2.79284...	5	78495300		
				New	[1, 5, 3, 2...	4.28174...	6	78628600		

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,11	11	9
1	1,10	1	3
2	4,10	4	6
2	5	5	5
2	2	2	3
3	6,10	10	8
3	6,9	6	6
4	3,9	3	8
4	7,9	9	3
5	7,8	7	10
5	8,8	8	4

Minimum Workstations: 4

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	6	1.348	0	Old (2)	[1, 2, 6, 3...	1.26491...	5	66452900		
2	2	0.202	1	Old (4)	[1, 2, 6, 3...	1.78885...	5	61903100		
3	5	1.37	1	Mutation	[1, 3, 4, 2...	1.78885...	5	68281100		
4	7	0.615	1	Mutation	[1, 2, 6, 3...	2.79284...	5	68419700		
5	1	0.011	1	Child	[1, 2, 6, 3...	1.41421...	5	68554800		
6	2	0.214	2	Child	[1, 2, 6, 3...	1.41421...	5	68684500		
7	3	0.03	3,4,5	Child	[1, 2, 4, 6...	1.09544...	5	68810600		
8	6	0.894	6	Child	[1, 2, 4, 6...	2.14476...	5	68995200		
9	5	1.24	7	New	[1, 3, 5, 2...	2.56904...	5	69001300		
10	5	0.771	8	New	[1, 4, 3, 5...	3.87298...	6	69185100		
11	4	0.018	9,10	New	[1, 2, 5, 3...	2.14476...	5	69375200		
				New	[1, 3, 5, 2...	2.56904...	5	69511400		
				New	[1, 5, 3, 4...	2.32379...	5	69694200		
				New	[1, 5, 2, 3...	2.86356...	5	69770600		
				New	[1, 3, 2, 6...	2.32379...	5	69857400		
				New	[1, 4, 5, 2...	2.32379...	5	69995100		
				New	[1, 4, 5, 2...	1.78885...	5	70074700		
				New	[1, 4, 3, 5...	2.32379...	5	70154600		
				New	[1, 2, 5, 4...	2.23606...	5	70291800		
				New	[1, 4, 5, 2...	2.32379...	5	70371100		

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,11	1	7
1	2,11	11	3
2	2,10	2	11
2	6,10	10	6
2	6	6	4
3	3,9	9	8
3	3,8	3	3
4	5,8	8	7
4	5,7	5	6
4	7	7	3
5	4,4	4	6

Minimum Workstations: 4

3.4 Tiempo de ciclo 14

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	6	1.348	0	Old (4)	[1, 4, 5, 2...	1.26491...	5	132822900		
2	2	0.202	1	Old (2)	[1, 2, 3, 4...	1.26491...	5	133258400		
3	5	1.37	1	Mutation	[1, 4, 5, 2...	1.26491...	5	138485600		
4	7	0.615	1	Mutation	[1, 4, 5, 2...	1.26491...	5	138607100		
5	1	0.011	1	Child	[1, 4, 5, 2...	2.23606...	5	138800800		
6	2	0.214	2	Child	[1, 2, 3, 4...	2.79284...	5	138907400		
7	3	0.03	3,4,5	Child	[1, 2, 3, 4...	2.14476...	5	139094500		
8	6	0.894	6	Child	[1, 2, 3, 4...	2.23606...	5	139276900		
9	5	1.24	7	New	[1, 3, 2, 6...	2.23606...	5	139284700		
10	5	0.771	8	New	[1, 2, 5, 6...	2.32379...	5	139472900		
11	4	0.018	9,10	New	[1, 4, 2, 6...	3.60555...	5	139589300		
				New	[1, 3, 4, 2...	2.32379...	5	139937900		
				New	[1, 5, 2, 3...	2.56904...	5	140125600		
				New	[1, 4, 5, 2...	2.79284...	5	140238000		
				New	[1, 4, 2, 3...	2.86356...	5	140349900		
				New	[1, 3, 5, 4...	2.86356...	5	140459400		
				New	[1, 5, 4, 2...	2.86356...	5	140740700		
				New	[1, 4, 3, 2...	2.56904...	5	140928900		
				New	[1, 5, 2, 6...	2.86356...	5	141038300		
				New	[1, 3, 4, 2...	3.46410...	5	141225500		

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,11	11	10
1	1,9	1	4
2	4,9	4	7
2	5	5	6
2	2	2	4
3	6,9	6	12
3	8,9	8	6
4	10,9	9	9
4	10,7	10	4
5	3,7	7	11
5	3,3	3	6

Minimum Workstations: 4

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	6	1.348	0	Old (4)	[1, 3, 4, 2...	1.26491...	5	73028300		
2	2	0.202	1	Old (2)	[1, 3, 4, 2...	1.41421...	5	81242000		
3	5	1.37	1	Mutation	[1, 2, 4, 5...	2.79284...	5	83032900		
4	7	0.615	1	Mutation	[1, 3, 4, 2...	3.0	5	83268400		
5	1	0.011	1	Child	[1, 3, 4, 2...	4.24264...	5	83505500		
6	2	0.214	2	Child	[1, 3, 4, 2...	3.25576...	5	83739100		
7	3	0.03	3,4,5	Child	[1, 2, 4, 5...	3.40587...	5	83917700		
8	6	0.894	6	Child	[1, 2, 4, 5...	3.46410...	5	84099100		
9	5	1.24	7	New	[1, 2, 5, 3...	3.74165...	5	84106100		
10	5	0.771	8	New	[1, 3, 5, 4...	3.68781...	5	84193400		
11	4	0.018	9,10	New	[1, 2, 5, 3...	3.74165...	5	84523300		
				New	[1, 5, 4, 2...	3.74165...	5	84599800		
				New	[1, 5, 4, 2...	2.23606...	5	84679900		
				New	[1, 5, 3, 4...	2.86356...	5	84806400		
				New	[1, 2, 5, 6...	3.63318...	5	84886900		
				New	[1, 5, 2, 6...	3.60555...	5	84967100		
				New	[1, 5, 3, 4...	2.32379...	5	85198900		
				New	[1, 5, 4, 3...	3.74165...	5	85274500		
				New	[1, 3, 5, 4...	2.32379...	5	85351400		
				New	[1, 2, 4, 6...	1.41421...	5	85428200		

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,11	1	8
1	3,11	11	4
2	3,9	9	9
2	3,7	7	6
2	5	5	5
3	3,10	3	9
3	10	10	4
4	4,8	8	8
4	6	6	6
4	2	2	4
5	4,4	4	7

Minimum Workstations: 4

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

File				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	6	1.348	0	Old (14)	[1, 2, 6, 5...	0.70710...	4	57466600			
2	2	0.202	1	Old (2)	[1, 2, 6, 5...	0.70710...	4	61105200			
3	5	1.37	1	Mutation	[1, 2, 6, 3...	0.70710...	4	64326000			
4	7	0.615	1	Mutation	[1, 2, 6, 5...	0.70710...	4	64404800			
5	1	0.011	1	Child	[1, 2, 6, 5...	0.70710...	4	64480100			
6	2	0.214	2	Child	[1, 2, 6, 5...	4.28952...	5	64759500			
7	3	0.03	3,4,5	Child	[1, 5, 2, 6...	0.70710...	4	64834600			
8	6	0.894	6	Child	[1, 5, 2, 6...	0.70710...	4	64909500			
9	5	1.24	7	New	[1, 3, 5, 4...	3.74165...	5	64915500			
10	5	0.771	8	New	[1, 2, 6, 4...	3.52136...	5	64994300			
11	4	0.018	9,10	New	[1, 2, 5, 4...	1.0	4	65073800			
				New	[1, 5, 4, 2...	4.24264...	5	65205400			
				New	[1, 5, 4, 3...	2.56904...	5	65291100			
				New	[1, 2, 5, 4...	0.70710...	4	65423600			
				New	[1, 3, 4, 2...	1.26491...	5	65510700			
				New	[1, 3, 5, 4...	3.60555...	5	65640200			
				New	[1, 4, 5, 3...	1.0	4	65823300			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.0	4	65954600			
				New	[1, 3, 5, 2...	3.63318...	5	66033500			
				New	[1, 4, 5, 2...	2.86356...	5	66114900			

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,11	1	8
1	2,11	2	6
1	6,11	6	4
1	5	5	3
2	3,11	11	10
2	3,9	9	5
2	7	7	2
3	3,4	4	7
3	3,10	3	2
4	8,10	8	8
4	10,10	10	3

Minimum Workstations: 4

3.5 Tiempo de ciclo 21

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

File				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	6	1.348	0	Old (6)	[1, 4, 2, 5...	0.81649...	3	126120000			
2	2	0.202	1	Old (6)	[1, 4, 2, 5...	0.81649...	3	135648500			
3	5	1.37	1	Mutation	[1, 4, 2, 5...	1.15470...	3	141819100			
4	7	0.615	1	Mutation	[1, 4, 2, 5...	3.36650...	3	141944700			
5	1	0.011	1	Child	[1, 4, 2, 5...	0.81649...	3	142061400			
6	2	0.214	2	Child	[1, 4, 2, 5...	0.81649...	3	142171000			
7	3	0.03	3,4,5	New	[1, 3, 5, 4...	1.15470...	3	142179400			
8	6	0.894	6	New	[1, 4, 5, 2...	0.81649...	3	142369900			
9	5	1.24	7	New	[1, 5, 3, 2...	1.15470...	3	142561100			
10	5	0.771	8	New	[1, 3, 4, 2...	2.08166...	3	142835000			
11	4	0.018	9,10	New	[1, 5, 4, 2...	2.38047...	3	143129200			
				New	[1, 5, 3, 2...	3.65148...	3	143584700			
				New	[1, 3, 4, 2...	2.08166...	3	143792500			
				New	[1, 5, 2, 3...	3.36650...	3	143988800			
				New	[1, 5, 3, 2...	1.15470...	3	144097700			
				New	[1, 2, 4, 3...	4.08248...	3	144206700			
				New	[1, 2, 6, 4...	4.08248...	3	144418700			
				New	[1, 4, 5, 3...	2.38047...	3	144681400			
				New	[1, 3, 5, 2...	3.36650...	3	144788800			
				New	[1, 4, 3, 2...	2.08166...	3	145123100			

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,11	1	15
1	4,11	11	11
1	4,10	10	6
2	4,8	8	15
2	4,9	4	8
2	2	2	6
2	5	5	5
3	3,9	9	16
3	3,6	3	11
3	7,6	6	9
3	7,7	7	6

Minimum Workstations: 3

4. Jaeschke

4.1 Tiempo de ciclo 7

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation					
Task	Time	Variance	Precedenc	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	5	0.871	0	Old (3)	[1, 2, 3, 4...	1.54110...	8	161393600			
2	3	0.406	1	Old (4)	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	165454100			
3	4	0.021	1	Mutation	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	169185400			
4	5	0.247	2,3	Mutation	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	169373800			
5	4	0.365	4	Child	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	169530700			
6	5	0.562	4	Child	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	169660900			
7	1	0.012	4	Child	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	169696200			
8	4	0.832	5	Child	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	169718700			
9	6	0.147	6,7,8	New	[1, 2, 3, 4...	1.54110...	8	169724900			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	169867600			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.69558...	8	169995600			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.69558...	8	170019900			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.54110...	8	170153000			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	170278600			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	170307000			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.69558...	8	170540400			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	170564700			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	170590200			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	170612900			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.69558...	8	170746000			
				Minimum Workstations: 6							

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,9	1	2
2	2,9	9	1
3	2,7	7	6
3	2,8	2	3
4	3,8	8	3
5	3,5	5	3
6	3,6	6	2
7	3,4	4	2
8	3,3	3	3

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation					
Task	Time	Variance	Precedenc	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	5	0.871	0	Old (3)	[1, 2, 3, 4...	1.54110...	8	113128100			
2	3	0.406	1	Old (6)	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	115766200			
3	4	0.021	1	Mutation	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	118946400			
4	5	0.247	2,3	Mutation	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	119104000			
5	4	0.365	4	Child	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	119133700			
6	5	0.562	4	Child	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	119269000			
7	1	0.012	4	Child	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	119422900			
8	4	0.832	5	Child	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	119569500			
9	6	0.147	6,7,8	New	[1, 2, 3, 4...	1.69558...	8	119575700			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	119718900			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	119756400			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	119796000			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.69558...	8	119829100			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	119857300			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.54110...	8	119885000			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.69558...	8	120033900			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	120175200			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	120205800			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	120238900			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	120395000			
				Minimum Workstations: 6							

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,9	1	2
2	2,9	9	1
3	2,7	2	4
3	7	7	3
4	3,8	3	3
5	4,8	4	2
6	6,8	6	2
7	5,8	8	3
8	5,5	5	3

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	5	0.871	0	Old (4)	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	55787700			
2	3	0.406	1	Old (4)	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	58681600			
3	4	0.021	1	Mutation	[1, 3, 2, 4...	1.69558...	8	61635100			
4	5	0.247	2,3	Mutation	[1, 3, 2, 4...	1.69558...	8	61684500			
5	4	0.365	4	Child	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	62114600			
6	5	0.562	4	Child	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	62305800			
7	1	0.012	4	Child	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	62446600			
8	4	0.832	5	Child	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	62575300			
9	6	0.147	6,7,8	New	[1, 3, 2, 4...	1.69558...	8	62581800			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.69558...	8	62613700			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	62644700			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.54110...	8	62679900			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	62817100			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.69558...	8	63049800			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	63077600			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	63209900			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	63340700			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	63375900			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	63512500			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.69558...	8	63547200			
				Minimum Workstations: 6							
Station	Options	Assigned	Time Left								
1	1,9	1	2								
2	2,9	9	1								
3	2,7	2	4								
3	7	7	3								
4	3,6	6	2								
5	3,8	8	3								
6	3,5	3	3								
7	4,5	5	3								
8	4,4	4	2								

4.2 Tiempo de ciclo 8

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	5	0.871	0	Old (14)	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	58493800			
2	3	0.406	1	Old (14)	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	123809800			
3	4	0.021	1	Mutation	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	130197600			
4	5	0.247	2,3	Mutation	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	130293500			
5	4	0.365	4	Child	[1, 3, 2, 4...	1.69558...	8	130378800			
6	5	0.562	4	Child	[1, 3, 2, 4...	1.69558...	8	130465700			
7	1	0.012	4	Child	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	130529100			
8	4	0.832	5	Child	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	130614500			
9	6	0.147	6,7,8	New	[1, 3, 2, 4...	1.62018...	8	130627300			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.69558...	8	130729300			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.69558...	8	130817900			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.69558...	8	130911200			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.62018...	8	131008000			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.69558...	8	131093900			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.69558...	8	131176200			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.69558...	8	131298900			
				New	[1, 3, 2, 4...	2.62202...	8	131377900			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.62202...	8	131456300			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.69558...	8	131538200			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.69558...	8	131637200			
				Minimum Workstations: 5							
Station	Options	Assigned	Time Left								
1	1,9	1	3								
2	3,9	9	2								
3	3,8	3	4								
4	2,8	2	5								
5	4,8	4	3								
6	5,8	8	4								
7	5,6	5	4								
7	7	7	3								
8	6,6	6	3								

4.3 Tiempo de ciclo 10

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation					
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	5	0.871	0	Old (2)	[1, 2, 3, 4...	2.12132...	6	181057400			
2	3	0.406	1	Old (2)	[1, 2, 3, 4...	2.12132...	6	182517300			
3	4	0.021	1	Mutation	[1, 2, 3, 4...	2.34520...	6	189401400			
4	5	0.247	2,3	Mutation	[1, 2, 3, 4...	3.09377...	7	189906800			
5	4	0.365	4	Child	[1, 2, 3, 4...	2.12132...	6	190099700			
6	5	0.562	4	Child	[1, 2, 3, 4...	2.12132...	6	190281200			
7	1	0.012	4	Child	[1, 3, 2, 4...	2.27303...	6	190462200			
8	4	0.832	5	Child	[1, 3, 2, 4...	2.34520...	6	190938400			
9	6	0.147	6,7,8	New	[1, 2, 3, 4...	2.0	7	190948800			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.0	7	190991400			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.92724...	7	191031700			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.07019...	7	191357800			
				New	[1, 3, 2, 4...	2.12132...	6	191398000			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.12132...	6	191849600			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.92724...	7	192026500			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.27303...	6	192208600			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.92724...	7	192388500			
				New	[1, 3, 2, 4...	1.92724...	7	192712000			
				New	[1, 3, 2, 4...	2.27303...	6	192890400			
				New	[1, 3, 2, 4...	3.04724...	7	193202800			
				Minimum Workstations: 4							
Station	Options	Assigned	Time Left								
1	1,9	9	4								
2	1,6	1	5								
3	2,6	6	5								
3	2,7	7	4								
4	2,8	2	7								
4	3,8	8	3								
5	3,5	3	6								
5	5	5	2								
6	4,4	4	5								

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation					
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	5	0.871	0	Old (4)	[1, 2, 3, 4...	2.0	5	152439900			
2	3	0.406	1	Old (2)	[1, 2, 3, 4...	2.0	5	158499800			
3	4	0.021	1	Mutation	[1, 2, 3, 4...	2.0	5	162795400			
4	5	0.247	2,3	Mutation	[1, 2, 3, 4...	2.0	5	162982300			
5	4	0.365	4	Child	[1, 2, 3, 4...	2.27303...	6	163092100			
6	5	0.562	4	Child	[1, 2, 3, 4...	2.0	5	163270900			
7	1	0.012	4	Child	[1, 2, 3, 4...	2.0	5	163449300			
8	4	0.832	5	Child	[1, 2, 3, 4...	2.0	5	163551300			
9	6	0.147	6,7,8	New	[1, 3, 2, 4...	2.07019...	7	163558700			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.27303...	6	163672200			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.0	5	163780900			
				New	[1, 3, 2, 4...	2.27303...	6	163964600			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.09761...	5	164304700			
				New	[1, 3, 2, 4...	2.12132...	6	164487400			
				New	[1, 2, 3, 4...	3.43996...	6	164596800			
				New	[1, 2, 3, 4...	3.34165...	6	164705500			
				New	[1, 3, 2, 4...	2.27303...	6	164891800			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.0	5	165076000			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.0	5	165333400			
				New	[1, 2, 3, 4...	3.34165...	6	165513000			
				Minimum Workstations: 4							
Station	Options	Assigned	Time Left								
1	1,9	9	4								
2	1,8	8	6								
2	5	5	2								
3	1,7	1	5								
3	2,7	7	4								
4	2,6	6	5								
4	2	2	2								
5	3,4	4	5								
5	3,3	3	1								

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation					
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	5	0.871	0	Old (5)	[1, 2, 3, 4...	2.0	5	109940800			
2	3	0.406	1	Old (5)	[1, 2, 3, 4...	2.0	5	113376500			
3	4	0.021	1	Mutation	[1, 2, 3, 4...	2.0	5	116886400			
4	5	0.247	2,3	Mutation	[1, 2, 3, 4...	2.34520...	6	117027300			
5	4	0.365	4	Child	[1, 2, 3, 4...	2.0	5	117106100			
6	5	0.562	4	Child	[1, 2, 3, 4...	2.09761...	5	117236100			
7	1	0.012	4	Child	[1, 2, 3, 4...	2.34520...	6	117312400			
8	4	0.832	5	Child	[1, 2, 3, 4...	2.0	5	117329800			
9	6	0.147	6,7,8	New	[1, 2, 3, 4...	2.09761...	5	117333400			
				New	[1, 3, 2, 4...	2.34520...	6	117465700			
				New	[1, 3, 2, 4...	2.12132...	6	117598900			
				New	[1, 2, 3, 4...	3.89444...	6	117677700			
				New	[1, 3, 2, 4...	2.12132...	6	117864700			
				New	[1, 2, 3, 4...	3.89444...	6	117996100			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.41522...	6	118184400			
				New	[1, 3, 2, 4...	3.0	7	118262500			
				New	[1, 3, 2, 4...	3.29140...	6	118339500			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.27303...	6	118419800			
				New	[1, 2, 3, 4...	3.34165...	6	118664700			
				New	[1, 2, 3, 4...	3.39116...	6	118741900			
				Minimum Workstations: 4							
Station	Options	Assigned	Time Left								
1	1,9	1	5								
1	2	2	2								
2	3,9	3	6								
2	4	4	1								
3	5,9	9	4								
4	5,6	6	5								
4	7	7	4								
5	5,8	8	6								
5	5,5	5	2								

4.4 Tiempo de ciclo 18

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation					
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	5	0.871	0	Old (2)	[1, 3, 2, 4...	0.81649...	3	187631100			
2	3	0.406	1	Old (6)	[1, 2, 3, 4...	2.08166...	3	156336400			
3	4	0.021	1	Mutation	[1, 3, 2, 4...	4.08248...	3	190985300			
4	5	0.247	2,3	Mutation	[1, 2, 3, 4...	3.36650...	3	191034200			
5	4	0.365	4	Child	[1, 3, 2, 4...	0.81649...	3	191184100			
6	5	0.562	4	Child	[1, 2, 3, 4...	3.65148...	3	191417000			
7	1	0.012	4	Child	[1, 2, 3, 4...	4.61880...	3	191547900			
8	4	0.832	5	Child	[1, 2, 3, 4...	4.65474...	3	191684000			
9	6	0.147	6,7,8	New	[1, 2, 3, 4...	4.65474...	3	191689900			
				New	[1, 3, 2, 4...	3.36650...	3	191839500			
				New	[1, 2, 3, 4...	3.65148...	3	191975500			
				New	[1, 3, 2, 4...	4.08248...	3	192110600			
				New	[1, 2, 3, 4...	3.65148...	3	192144600			
				New	[1, 3, 2, 4...	5.80229...	3	192274600			
				New	[1, 2, 3, 4...	3.36650...	3	192494300			
				New	[1, 2, 3, 4...	3.65148...	3	192533400			
				New	[1, 2, 3, 4...	1.15470...	3	192568000			
				New	[1, 2, 3, 4...	3.36650...	3	192696900			
				New	[1, 3, 2, 4...	2.08166...	3	192834800			
				New	[1, 2, 3, 4...	2.38047...	3	192965400			
				Minimum Workstations: 3							
Station	Options	Assigned	Time Left								
1	1,9	9	12								
1	1,8	8	8								
1	1,7	7	7								
2	1,6	6	13								
2	1,5	1	8								
2	2,5	2	5								
3	3,5	5	14								
3	3,4	4	9								
3	3,3	3	5								

5. Killbridge

5.1 Tiempo de ciclo 79

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	9	3.352	0	Old (3)	[2, 8, 39, ...]	6.07362...	9	346802600		
2	9	1.018	0	Old (3)	[1, 3, 2, 7, ...]	6.46357...	9	352916200		
3	10	3.852	1	Mutation	[2, 8, 39, ...]	9.65516...	9	371320800		
4	10	3.77	2	Mutation	[1, 3, 2, 7, ...]	9.57427...	9	373141000		
5	17	2.428	3	Child	[2, 8, 39, ...]	9.50438...	9	373774700		
6	17	13.986	4	Child	[1, 3, 2, 7, ...]	8.43274...	9	374357800		
7	13	9.113	1	Child	[1, 12, 37, ...]	9.33333...	9	375080100		
8	13	3.885	2	Child	[1, 12, 37, ...]	9.54521...	9	375805000		
9	20	4.952	5,7	New	[39, 11, 2, ...]	8.67307...	9	375939200		
10	20	21.212	6,8	New	[39, 12, 3, ...]	22.6097...	10	376603900		
11	10	3.963	0	New	[39, 12, 2, ...]	6.92017...	9	377430600		
				New	[2, 1, 39, ...]	16.1369...	10	378454000		
				New	[11, 1, 2, ...]	12.5166...	9	379115000		
				New	[11, 1, 39, ...]	11.4794...	9	380136900		
				New	[11, 2, 4, ...]	9.67815...	9	382624000		
				New	[11, 39, 2, ...]	6.69161...	9	383445300		
				New	[1, 3, 5, 1, ...]	15.6652...	10	384100800		
				New	[12, 11, 3, ...]	21.0	10	384875700		
				New	[2, 39, 11, ...]	6.03692...	9	385847200		
				New	[11, 39, 2, ...]	9.74679...	9	386549000		

Station	Options	Assigned	Time Left
7	14,25	14	57
7	31,25	31	50
7	17,25	17	38
7	10	10	18
8	30,25	30	74
8	21,25	25	48
8	9	9	28
8	32	32	24
8	43	43	18
8	27	27	13
9	21,21	21	24

Minimum Workstations: 7

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	9	3.352	0	Old (3)	[1, 11, 12, ...]	6.90410...	9	275610100		
2	9	1.018	0	Old (2)	[1, 11, 12, ...]	7.30296...	9	292252800		
3	10	3.852	1	Mutation	[1, 11, 7, ...]	10.5987...	9	305613400		
4	10	3.77	2	Mutation	[1, 11, 12, ...]	10.5303...	9	306705900		
5	17	2.428	3	Child	[1, 11, 12, ...]	11.0955...	9	307285300		
6	17	13.986	4	Child	[1, 11, 12, ...]	9.86576...	9	307869200		
7	13	9.113	1	Child	[1, 11, 12, ...]	13.5605...	9	308551900		
8	13	3.885	2	Child	[12, 1, 37, ...]	12.0830...	9	309033500		
9	20	4.952	5,7	New	[12, 37, 3, ...]	12.1426...	9	309164300		
10	20	21.212	6,8	New	[39, 11, 1, ...]	5.52770...	9	309971400		
11	10	3.963	0	New	[1, 3, 12, ...]	13.8884...	9	310637800		
				New	[11, 2, 4, ...]	9.55103...	9	311496500		
				New	[39, 12, 1, ...]	17.1399...	9	312230800		
				New	[12, 1, 7, ...]	11.9768...	9	312852500		
				New	[39, 12, 3, ...]	10.2956...	9	313536300		
				New	[2, 12, 39, ...]	15.1327...	9	314305400		
				New	[39, 11, 2, ...]	9.62057...	9	315130000		
				New	[2, 1, 7, 1, ...]	17.9610...	10	316003500		
				New	[12, 1, 11, ...]	13.7194...	9	316927400		
				New	[39, 1, 3, ...]	10.3225...	9	317393900		

Station	Options	Assigned	Time Left
7	29	29	17
8	25,23	23	52
8	25,18	25	26
8	30,18	30	21
8	18	18	18
9	17,16	16	60
9	17,15	17	48
9	32,15	32	44
9	27,15	15	33
9	27,26	26	27
9	27,27	27	22

Minimum Workstations: 7

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	9	3.352	0	Old (2)	[11, 12, 2...	8.06225...	9	289940500		
2	9	1.018	0	Old (2)	[39, 12, 3...	9.87139...	9	285982100		
3	10	3.852	1	Mutation	[11, 12, 2...	12.1974...	9	298473300		
4	10	3.77	2	Mutation	[39, 12, 3...	11.6476...	9	300226200		
5	17	2.428	3	Child	[11, 12, 2...	15.7338...	9	300718200		
6	17	13.986	4	Child	[39, 12, 3...	18.5232...	9	301584100		
7	13	9.113	1	Child	[2, 12, 39...	10.3601...	9	302171800		
8	13	3.885	2	Child	[11, 2, 8, ...	10.6822...	9	302713300		
9	20	4.952	5,7	New	[11, 39, 2...	12.2156...	9	302847400		
10	20	21.212	6,8	New	[39, 1, 3, ...	14.8660...	9	303607100		
11	10	3.963	0	New	[1, 3, 39, ...	18.6845...	9	304290700		
				New	[39, 12, 1...	12.1106...	9	305322100		
				New	[12, 37, 3...	17.0782...	9	306261600		
				New	[11, 2, 8, ...	13.6788...	9	306877000		
				New	[1, 7, 11, ...	20.5534...	9	307817800		
				New	[1, 2, 12, ...	17.8699...	9	308660600		
				New	[11, 39, 1...	19.7146...	9	309286400		
				New	[11, 2, 39...	21.6564...	9	310083800		
				New	[11, 12, 3...	16.6433...	9	311122000		
				New	[1, 2, 8, 3...	3.93700...	8	311930100		
8	31,20	20	60							
8	31,29	31	53							
8	6,29	29	49							
8	6,5	6	32							
8	30,5	5	15							
8	30,27	30	10							
9	10,27	10	59							
9	17,27	27	54							
9	17,19	19	47							
9	17,26	26	41							
9	17,17	17	29							

Minimum Workstations: 7

5.2 Tiempo de ciclo 92

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
35	7	0.336	33	Old (2)	[2, 4, 11, ...	11.3357...	8	3494631...		
36	9	1.569	33	Old (2)	[2, 11, 1, ...	12.4298...	8	3550919...		
37	4	0.608	12	Mutation	[2, 4, 11, ...	19.7357...	8	3632509...		
38	7	1.672	26,28,34,36	Mutation	[2, 11, 1, ...	16.7779...	8	3643060...		
39	5	0.975	0	Child	[2, 4, 11, ...	15.5724...	8	3650779...		
40	4	0.58	35,38	Child	[2, 11, 1, ...	19.5831...	8	3658446...		
41	21	13.212	9,10,29,30....	Child	[2, 39, 4, ...	22.4944...	8	3667597...		
42	12	5.799	41	Child	[12, 11, 3...	22.6770...	8	3674864...		
43	6	0.066	37	New	[12, 11, 1...	11.8953...	8	3676172...		
44	5	0.216	42	New	[39, 12, 1...	14.8239...	8	3686539...		
45	5	1.525	42	New	[12, 1, 11...	14.7817...	8	3694459...		
				New	[2, 39, 11...	15.7876...	8	3706649...		
				New	[2, 4, 39, ...	19.0197...	8	3716171...		
				New	[39, 11, 1...	18.8944...	8	3724617...		
				New	[39, 11, 2...	18.3166...	8	3732870...		
				New	[39, 12, 3...	16.1477...	8	3746273...		
				New	[2, 4, 12, ...	15.8981...	8	3755607...		
				New	[11, 2, 12...	16.9041...	8	3765922...		
				New	[39, 2, 12...	17.0806...	8	3774373...		
				New	[39, 11, 1...	21.2014...	8	3784891...		
6	8,31	31	59							
6	8,32	32	55							
6	8,29	29	51							
6	8,14	8	38							
6	9,14	9	18							
7	24,14	24	63							
7	18,14	14	41							
7	18,43	18	38							
7	43	43	32							
8	23,10	10	72							
8	23,23	23	45							

Minimum Workstations: 7

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
35	7	0.336	33	Old (2)	[1, 3, 11, ...	5.70713...	7	353680000		
36	9	1.569	33	Old (3)	[11, 12, 3, ...	11.5974...	8	340798600		
37	4	0.608	12	Mutation	[1, 3, 11, ...	18.1383...	8	362713100		
38	7	1.672	26,28,34,36	Mutation	[11, 12, 3, ...	19.0722...	8	363716100		
39	5	0.975	0	Child	[1, 3, 11, ...	13.8564...	8	364220700		
40	4	0.58	35,38	Child	[11, 12, 3, ...	20.5730...	8	364631400		
41	21	13.212	9,10,29,30,...	Child	[11, 2, 8, ...	21.8059...	8	365769300		
42	12	5.799	41	Child	[11, 2, 8, ...	22.4777...	8	366276900		
43	6	0.066	37	New	[11, 2, 12, ...	3.62530...	7	366404500		
44	5	0.216	42	New	[2, 11, 4, ...	25.3919...	8	367223700		
45	5	1.525	42	New	[2, 8, 11, ...	19.3132...	8	368036800		
	Station	Options	Assigned	Time Left	New	[12, 37, 1, ...	21.8803...	8	369006300	
6	43,20	20	42	New	[2, 4, 6, 1, ...	22.9510...	8	369830100		
6	43,19	19	35	New	[11, 1, 7, ...	19.2483...	8	371221200		
6	43,5	43	29	New	[11, 2, 39, ...	19.1049...	8	372207000		
6	29,5	29	25	New	[1, 12, 11, ...	23.2109...	8	373035900		
6	17	17	13	New	[2, 11, 4, ...	25.5049...	8	373821000		
7	23,5	23	65	New	[11, 1, 2, ...	17.8044...	8	374669700		
7	27,5	27	60	New	[1, 12, 39, ...	18.9934...	8	375426100		
7	26,5	5	43	New	[12, 11, 3, ...	21.5	8	376358900		
7	26,16	26	37							
7	32,16	32	33							
7	16,16	16	14							

Minimum Workstations: 7

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
35	7	0.336	33	Old (3)	[12, 11, 1, ...	5.64421...	7	2944925...		
36	9	1.569	33	Old (2)	[1, 3, 11, ...	5.69460...	7	3053704...		
37	4	0.608	12	Mutation	[12, 11, 1, ...	25.2091...	8	3183017...		
38	7	1.672	26,28,34,36	Mutation	[1, 3, 11, ...	17.7834...	8	3190106...		
39	5	0.975	0	Child	[12, 11, 1, ...	6.50274...	7	3200858...		
40	4	0.58	35,38	Child	[1, 3, 11, ...	26.7394...	8	3210127...		
41	21	13.212	9,10,29,30,...	Child	[11, 2, 39, ...	22.8691...	8	3216891...		
42	12	5.799	41	Child	[11, 2, 12, ...	21.9943...	8	3220575...		
43	6	0.066	37	New	[1, 3, 12, ...	4.78091...	7	3221863...		
44	5	0.216	42	New	[39, 1, 3, ...	23.1786...	8	3230252...		
45	5	1.525	42	New	[2, 1, 11, ...	4.44007...	7	3238236...		
	Station	Options	Assigned	Time Left	New	[12, 11, 1, ...	22.8254...	8	3248771...	
6	16,5	5	49	New	[39, 2, 4, ...	21.6275...	8	3258941...		
6	16,19	19	42	New	[1, 12, 2, ...	28.4561...	8	3266817...		
6	16,43	16	23	New	[11, 1, 12, ...	25.3870...	8	3274184...		
6	43	43	17	New	[1, 3, 5, 3, ...	6.88684...	7	3287073...		
6	27	27	12	New	[12, 1, 3, ...	7.03054...	7	3294564...		
7	10,24	24	63	New	[39, 1, 2, ...	22.3662...	8	3301022...		
7	10,26	26	57	New	[12, 37, 1, ...	23.2540...	8	3309561...		
7	10,17	17	45	New	[1, 3, 5, 3, ...	6.69754...	7	3319906...		
7	10,18	18	42							
7	10,29	29	38							
7	10,10	10	18							

Minimum Workstations: 7

5.3 Tiempo de ciclo 110

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	9	3.352	0	Old (4)	[11, 12, 2...	4.16333...	6	395304800		
2	9	1.018	0	Old (2)	[1, 11, 12...	4.47213...	6	433307500		
3	10	3.852	1	Mutation	[11, 12, 2...	30.6943...	7	450335800		
4	10	3.77	2	Mutation	[1, 11, 12...	6.42910...	6	451575400		
5	17	2.428	3	Child	[11, 12, 2...	3.95811...	6	452343700		
6	17	13.986	4	Child	[1, 11, 12...	6.19139...	6	452958600		
7	13	9.113	1	Child	[2, 39, 8, ...	27.3077...	7	453869000		
8	13	3.885	2	Child	[11, 1, 12...	3.65148...	6	454723400		
9	20	4.952	5,7	New	[11, 39, 2...	25.5230...	7	454853400		
10	20	21.212	6,8	New	[39, 1, 12...	4.39696...	6	455923500		
11	10	3.963	0	New	[1, 7, 11, ...	6.05530...	6	456847400		
				New	[11, 12, 3...	9.64365...	6	457807000		
				New	[12, 39, 2...	24.5094...	7	458941400		
				New	[11, 1, 7, ...	27.8926...	7	459869200		
				New	[1, 11, 2, ...	26.2379...	7	460670000		
				New	[11, 39, 1...	28.5231...	7	461920700		
				New	[2, 39, 8, ...	7.83156...	6	463167400		
				New	[39, 11, 1...	30.1875...	7	464348400		
				New	[12, 11, 3...	26.5114...	7	465296000		
				New	[11, 12, 1...	30.4279...	7	466088300		

Station	Options	Assigned	Time Left
5	17,26	26	52
5	17,16	17	40
5	30,16	30	35
5	15,16	16	16
6	15,27	15	99
6	23,27	27	94
6	23,32	23	67
6	18,32	32	63
6	18,31	18	60
6	24,31	24	31
6	31,31	31	24

Minimum Workstations: 6

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	9	3.352	0	Old (2)	[12, 37, 2...	5.88784...	6	3340990...		
2	9	1.018	0	Old (2)	[2, 4, 1, 6...	6.32455...	6	3451561...		
3	10	3.852	1	Mutation	[12, 37, 2...	10.2143...	6	3479770...		
4	10	3.77	2	Mutation	[2, 4, 1, 6...	5.56776...	6	3487557...		
5	17	2.428	3	Child	[12, 37, 2...	5.44671...	6	3492189...		
6	17	13.986	4	Child	[2, 4, 1, 6...	10.0166...	6	3516436...		
7	13	9.113	1	Child	[39, 2, 1, ...	4.79583...	6	3525830...		
8	13	3.885	2	Child	[39, 1, 11...	8.54400...	6	3533293...		
9	20	4.952	5,7	New	[39, 11, 2...	7.57187...	6	3534593...		
10	20	21.212	6,8	New	[12, 37, 1...	32.0133...	7	3547507...		
11	10	3.963	0	New	[12, 11, 2...	12.4899...	6	3554708...		
				New	[11, 1, 12...	8.92561...	6	3561118...		
				New	[12, 1, 7, ...	8.85061...	6	3570289...		
				New	[11, 2, 12...	13.5030...	6	3581064...		
				New	[39, 2, 11...	8.73689...	6	3589180...		
				New	[1, 12, 37...	10.1488...	6	3597160...		
				New	[12, 39, 1...	10.5672...	6	3606645...		
				New	[39, 1, 12...	9.12870...	6	3617212...		
				New	[2, 4, 39, ...	35.1689...	7	3625333...		
				New	[1, 11, 3, ...	35.7710...	7	3633584...		

Station	Options	Assigned	Time Left
4	32	32	19
5	19,21	19	103
5	23,21	23	76
5	31,21	31	69
5	17,21	21	14
6	17,9	17	98
6	20,9	20	94
6	24,9	9	74
6	24,5	24	45
6	26,5	5	28
6	26,26	26	22

Minimum Workstations: 6

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	9	3.352	0	Old (2)	[1, 11, 39...	5.22812...	6	336862300		
2	9	1.018	0	Old (2)	[2, 12, 37...	7.65941...	6	345595500		
3	10	3.852	1	Mutation	[1, 11, 39...	10.5039...	6	351860200		
4	10	3.77	2	Mutation	[2, 12, 37...	12.1106...	6	352637100		
5	17	2.428	3	Child	[1, 11, 39...	12.4766...	6	353295700		
6	17	13.986	4	Child	[2, 12, 37...	8.62167...	6	354004100		
7	13	9.113	1	Child	[39, 11, 1...	31.2478...	7	354590100		
8	13	3.885	2	Child	[39, 1, 2, ...	13.9761...	6	355954400		
9	20	4.952	5,7	New	[2, 4, 6, 1...	10.2956...	6	356082100		
10	20	21.212	6,8	New	[1, 11, 3, ...	7.81024...	6	356843400		
11	10	3.963	0	New	[1, 11, 2, ...	13.6381...	6	357880700		
12	10	3.963	0	New	[39, 12, 1...	13.8684...	6	358720000		
13	10	3.963	0	New	[2, 1, 7, 8...	12.5962...	6	359907900		
14	10	3.963	0	New	[2, 11, 12...	16.0519...	6	360792600		
15	10	3.963	0	New	[1, 39, 7, ...	17.4355...	6	362237500		
16	10	3.963	0	New	[39, 11, 1...	13.4288...	6	362988000		
17	10	3.963	0	New	[2, 12, 11...	11.7331...	6	364157800		
18	10	3.963	0	New	[1, 2, 12, ...	15.9478...	6	365070100		
19	10	3.963	0	New	[1, 12, 39...	9.91631...	6	366134000		
20	10	3.963	0	New	[11, 12, 2...	13.8323...	6	366998200		
21	10	3.963	0							
22	10	3.963	0							
23	10	3.963	0							
24	10	3.963	0							
25	10	3.963	0							
26	10	3.963	0							
27	10	3.963	0							
28	10	3.963	0							
29	10	3.963	0							
30	10	3.963	0							
31	10	3.963	0							
32	10	3.963	0							
33	10	3.963	0							
34	10	3.963	0							
35	10	3.963	0							
36	10	3.963	0							
37	10	3.963	0							
38	10	3.963	0							
39	10	3.963	0							
40	10	3.963	0							
41	10	3.963	0							
42	10	3.963	0							
43	10	3.963	0							
44	10	3.963	0							
45	10	3.963	0							
46	10	3.963	0							
47	10	3.963	0							
48	10	3.963	0							
49	10	3.963	0							
50	10	3.963	0							
51	10	3.963	0							
52	10	3.963	0							
53	10	3.963	0							
54	10	3.963	0							
55	10	3.963	0							
56	10	3.963	0							
57	10	3.963	0							
58	10	3.963	0							
59	10	3.963	0							
60	10	3.963	0							
61	10	3.963	0							
62	10	3.963	0							
63	10	3.963	0							
64	10	3.963	0							
65	10	3.963	0							
66	10	3.963	0							
67	10	3.963	0							
68	10	3.963	0							
69	10	3.963	0							
70	10	3.963	0							
71	10	3.963	0							
72	10	3.963	0							
73	10	3.963	0							
74	10	3.963	0							
75	10	3.963	0							
76	10	3.963	0							
77	10	3.963	0							
78	10	3.963	0							
79	10	3.963	0							
80	10	3.963	0							
81	10	3.963	0							
82	10	3.963	0							
83	10	3.963	0							
84	10	3.963	0							
85	10	3.963	0							
86	10	3.963	0							
87	10	3.963	0							
88	10	3.963	0							
89	10	3.963	0							
90	10	3.963	0							
91	10	3.963	0							
92	10	3.963	0							
93	10	3.963	0							
94	10	3.963	0							
95	10	3.963	0							
96	10	3.963	0							
97	10	3.963	0							
98	10	3.963	0							
99	10	3.963	0							
100	10	3.963	0							
101	10	3.963	0							
102	10	3.963	0							
103	10	3.963	0							
104	10	3.963	0							
105	10	3.963	0							
106	10	3.963	0							
107	10	3.963	0							
108	10	3.963	0							
109	10	3.963	0							
110	10	3.963	0							
111	10	3.963	0							
112	10	3.963	0							
113	10	3.963	0							
114	10	3.963	0							
115	10	3.963	0							
116	10	3.963	0							
117	10	3.963	0							
118	10	3.963	0							
119	10	3.963	0							
120	10	3.963	0							
121	10	3.963	0							
122	10	3.963	0							
123	10	3.963	0							
124	10	3.963	0							
125	10	3.963	0							
126	10	3.963	0							
127	10	3.963	0							
128	10	3.963	0							
129	10	3.963	0							
130	10	3.963	0							
131	10	3.963	0							
132	10	3.963	0							
133	10	3.963	0							
134	10	3.963	0							
135	10	3.963	0							
136	10	3.963	0							
137	10	3.963	0							
138	10	3.963	0							
139	10	3.963	0							
140	10	3.963	0							
141	10	3.963	0							
142	10	3.963	0							
143	10	3.963	0							
144	10	3.963	0							
145	10	3.963	0							
146	10	3.963	0							
147	10	3.963	0							
148	10	3.963	0							
149	10	3.963	0							
150	10	3.963	0							
151	10	3.963	0							
152	10	3.963	0							
153	10	3.963	0							
154	10	3.963	0							
155	10	3.963	0							
156	10	3.963	0							
157	10	3.963	0							
158	10	3.963	0							
159	10	3.963	0							
160	10	3.963	0							
161	10	3.963	0							
162	10	3.963	0							
163	10	3.963	0							
164	10	3.963	0							
165	10	3.963	0							
166	10	3.963	0							
167	10	3.963	0							
168	10	3.963	0							
169	10	3.963	0							
170	10	3.963	0							
171	10	3.963	0							
172	10	3.963	0							
173	10	3.963	0							
174	10	3.963	0							
175	10	3.963	0							
176	10	3.963	0							
177	10	3.963	0							
178	10	3.963	0							
179	10	3.963	0							
180	10	3.963	0							
181	10	3.963	0							
182	10	3.963	0							
183	10	3.963	0							
184	10	3.963	0							
185	10	3.963	0							
186	10	3.963	0							
187	10	3.963	0							
188	10	3.963	0							
189	10	3.963	0							
190	10	3.963	0							
191	10	3.963	0							
192	10	3.963	0							
193	10	3.963	0							
194	10	3.963	0							

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
35	7	0.336	33	Old (3)	[11, 39, 1...	12.1655...	5	407817600			
36	9	1.569	33	Old (3)	[11, 39, 1...	12.5777...	5	415190800			
37	4	0.608	12	Mutation	[11, 39, 1...	25.1276...	5	435469300			
38	7	1.672	26,28,34,36	Mutation	[11, 39, 1...	22.9259...	5	437231000			
39	5	0.975	0	Child	[11, 39, 1...	18.4770...	5	437957900			
40	4	0.58	35,38	Child	[11, 39, 1...	22.5477...	5	438954300			
41	21	13.212	9,10,29,30...	Child	[11, 1, 7, ...	21.1518...	5	439884700			
42	12	5.799	41	Child	[39, 11, 1...	22.1449...	5	441056100			
43	6	0.066	37	New	[12, 2, 4, ...	12.5538...	5	441186600			
44	5	0.216	42	New	[2, 8, 1, 1...	28.8652...	5	442392900			
45	5	1.525	42	New	[39, 1, 12...	20.4058...	5	443440700			
	Station	Options	Assigned	Time Left	New	[11, 39, 1...	20.7797...	5	444648900		
5	30,20	20	134	New	[11, 12, 2...	22.0454...	5	446161000			
5	30,36	30	129	New	[2, 11, 12...	27.3495...	5	446989200			
5	32,36	36	120	New	[1, 12, 7, ...	24.1743...	5	448642200			
5	32,34	32	116	New	[2, 39, 1, ...	20.5377...	5	450206700			
5	17,34	34	113	New	[1, 2, 11, ...	21.7577...	5	451430500			
5	17,33	17	101	New	[2, 8, 12, ...	31.1351...	5	452560500			
5	26,33	26	95	New	[1, 39, 11...	17.2162...	5	453656100			
5	27,33	27	90	New	[2, 8, 4, 6...	24.6860...	5	455002300			
5	9,33	33	75								
5	9,10	10	55								
5	9,9	9	35								

Minimum Workstations: 5

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
35	7	0.336	33	Old (2)	[39, 11, 1...	21.2414...	5	420448200			
36	9	1.569	33	Old (2)	[39, 12, 1...	21.5081...	5	430878300			
37	4	0.608	12	Mutation	[39, 11, 1...	27.2616...	5	437900900			
38	7	1.672	26,28,34,36	Mutation	[39, 12, 3...	27.2506...	5	440227700			
39	5	0.975	0	Child	[39, 11, 1...	32.4252...	5	441278300			
40	4	0.58	35,38	Child	[39, 12, 1...	23.3837...	5	442409600			
41	21	13.212	9,10,29,30...	Child	[1, 2, 39, ...	29.7254...	5	443428800			
42	12	5.799	41	Child	[1, 39, 3, ...	30.1827...	5	444382400			
43	6	0.066	37	New	[12, 2, 1, ...	30.7375...	5	444513700			
44	5	0.216	42	New	[39, 11, 2...	29.3325...	5	445767300			
45	5	1.525	42	New	[11, 12, 2...	34.7994...	5	447264700			
	Station	Options	Assigned	Time Left	New	[12, 37, 2...	30.0099...	5	448163800		
4	26,20	26	50	New	[1, 39, 7, ...	33.0998...	5	449217600			
4	43,20	20	46	New	[2, 8, 1, 1...	29.3325...	5	450262500			
4	43,9	43	40	New	[2, 11, 12...	27.7055...	5	451281900			
4	27,9	27	35	New	[12, 11, 1...	32.1123...	5	452187600			
4	3,9	3	25	New	[12, 1, 3, ...	28.6006...	5	453183800			
4	32	32	21	New	[12, 2, 37...	29.8496...	5	454267700			
5	24,9	9	118	New	[12, 11, 2...	29.6479...	5	455444700			
5	24,5	5	101	New	[11, 2, 8, ...	29.3052...	5	456606700			
5	24,19	24	72								
5	18,19	19	65								
5	18,18	18	62								

Minimum Workstations: 5

5.5 Tiempo de ciclo 184

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
35	7	0.336	33	Old (3)	[11, 39, 2...	33.7934...	4	480803700		
36	9	1.569	33	Old (2)	[39, 11, 2...	33.8600...	4	519787000		
37	4	0.608	12	Mutation	[11, 2, 1, ...	47.1327...	4	527436400		
38	7	1.672	26,28,34,36	Mutation	[39, 11, 2...	49.0458...	4	530714500		
39	5	0.975	0	Child	[11, 39, 2...	44.0454...	4	531996600		
40	4	0.58	35,38	Child	[39, 11, 2...	48.0884...	4	533688000		
41	21	13.212	9,10,29,30...	Child	[39, 1, 11...	40.2057...	4	534704300		
42	12	5.799	41	Child	[11, 39, 2...	46.0271...	4	536165300		
43	6	0.066	37	New	[12, 1, 11...	45.2272...	4	536302600		
44	5	0.216	42	New	[11, 39, 1...	46.7707...	4	537751200		
45	5	1.525	42	New	[39, 2, 12...	55.0045...	4	539092500		
3	27,19	27	59	New	[1, 12, 39...	52.5214...	4	540584700		
3	32,19	19	52	New	[2, 12, 4, ...	44.2040...	4	542215200		
3	32,26	26	46	New	[1, 39, 7, ...	55.0045...	4	543154800		
3	32,18	18	43	New	[2, 4, 11, ...	50.1248...	4	544576200		
3	32	32	39	New	[2, 1, 11, ...	53.1224...	4	545769000		
3	37	37	35	New	[39, 12, 2...	38.5227...	4	547114200		
4	25,24	25	158	New	[12, 2, 11...	45.8421...	4	548189200		
4	43,24	43	152	New	[11, 2, 12...	47.5184...	4	549555400		
4	15,24	15	141	New	[11, 2, 1, ...	47.9113...	4	551105100		
4	16,24	16	122							
4	24,24	24	93							

Station	Options	Assigned	Time Left
3	27,19	27	59
3	32,19	19	52
3	32,26	26	46
3	32,18	18	43
3	32	32	39
3	37	37	35
4	25,24	25	158
4	43,24	43	152
4	15,24	15	141
4	16,24	16	122
4	24,24	24	93

Minimum Workstations: 4

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
35	7	0.336	33	Old (5)	[12, 1, 7, ...	42.0475...	4	437124300		
36	9	1.569	33	Old (2)	[11, 12, 1...	45.0832...	4	523239600		
37	4	0.608	12	Mutation	[12, 1, 7, ...	54.1156...	4	534922800		
38	7	1.672	26,28,34,36	Mutation	[11, 12, 1...	56.5641...	4	536260500		
39	5	0.975	0	Child	[12, 1, 7, ...	56.5110...	4	537610700		
40	4	0.58	35,38	Child	[11, 12, 1...	48.5128...	4	538531800		
41	21	13.212	9,10,29,30...	Child	[12, 39, 1...	56.5817...	4	539556300		
42	12	5.799	41	Child	[11, 1, 3, ...	46.5886...	4	540427400		
43	6	0.066	37	New	[12, 1, 39...	50.5222...	4	540556500		
44	5	0.216	42	New	[2, 11, 12...	54.1156...	4	541855400		
45	5	1.525	42	New	[2, 11, 8, ...	51.5703...	4	543058800		
3	43,23	23	119	New	[1, 11, 2, ...	52.3497...	4	544232400		
3	43,22	43	113	New	[2, 4, 11, ...	51.6333...	4	545125700		
3	18,22	18	110	New	[11, 2, 39...	55.6012...	4	546421200		
3	19,22	19	103	New	[11, 39, 2...	53.1177...	4	547764100		
3	20,22	20	99	New	[1, 39, 12...	45.4532...	4	551021300		
3	21,22	22	85	New	[1, 39, 7, ...	49.3609...	4	551909100		
3	30	30	63	New	[39, 12, 2...	58.3138...	4	553078800		
3	9	9	43	New	[12, 2, 1, ...	55.1180...	4	554577100		
4	21,24	21	129	New	[1, 12, 2, ...	59.2072...	4	555371800		
4	24,24	24	100							

Station	Options	Assigned	Time Left
3	43,23	23	119
3	43,22	43	113
3	18,22	18	110
3	19,22	19	103
3	20,22	20	99
3	21,22	22	85
3	30	30	63
3	9	9	43
4	21,24	21	129
4	24,24	24	100

Minimum Workstations: 4

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
35	7	0.336	33	Old (4)	[2, 12, 11...	47.1540...	4	399901600		
36	9	1.569	33	Old (2)	[2, 12, 11...	51.5897...	4	432827900		
37	4	0.608	12	Mutation	[2, 12, 11...	53.4976...	4	457011300		
38	7	1.672	26,28,34,36	Mutation	[2, 12, 11...	56.9517...	4	458521800		
39	5	0.975	0	Child	[2, 12, 11...	44.7045...	4	459374100		
40	4	0.58	35,38	Child	[2, 12, 11...	51.0636...	4	460506800		
41	21	13.212	9,10,29,30,...	Child	[1, 3, 2, 5...	65.5858...	4	462065000		
42	12	5.799	41	Child	[39, 12, 2...	57.1095...	4	463228400		
43	6	0.066	37	New	[12, 11, 1...	62.0161...	4	463363100		
44	5	0.216	42	New	[2, 1, 12, ...	63.0039...	4	464786500		
45	5	1.525	42	New	[39, 12, 3...	61.5913...	4	466060600		
	Station	Options	Assigned	Time Left	New	[11, 1, 7, ...	65.1881...	4	467349300	
3	3,29	3	103	New	[1, 11, 12...	61.1678...	4	468167500		
3	6,29	29	99	New	[11, 12, 1...	58.8939...	4	469510300		
3	6,30	6	82	New	[2, 39, 1, ...	57.1795...	4	470302200		
3	5,30	5	65	New	[39, 11, 1...	55.8032...	4	471659200		
3	7,30	7	52	New	[1, 3, 12, ...	60.6011...	4	472821000		
3	30	30	47	New	[2, 39, 1, ...	50.1846...	4	474278400		
3	17	17	35	New	[11, 39, 2...	65.5248...	4	475381400		
3	32	32	31	New	[39, 11, 2...	57.1095...	4	476647100		
3	31	31	24							
4	21,14	14	162							
4	21,21	21	107							

Minimum Workstations: 4

6. Mertens

6.1 Tiempo de ciclo 8

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	1	0.017	0	Old (5)	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	118223600		
2	5	0.165	1	Old (5)	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	123919500		
3	4	0.257	2	Mutation	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	129214300		
4	3	0.541	1	Mutation	[1, 4, 2, 5...	1.47196...	6	129516400		
5	5	0.987	2	Child	[1, 4, 2, 5...	1.47196...	6	129794300		
6	6	0.976	5	Child	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	129899700		
7	5	1.556	4	Child	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	130174000		
				Child	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	130362700		
				New	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	130367700		
				New	[1, 2, 5, 6...	1.58113...	6	130554900		
				New	[1, 4, 2, 3...	1.35400...	6	130743000		
				New	[1, 4, 7, 2...	1.47196...	6	130846800		
				New	[1, 2, 3, 5...	1.58113...	6	131034400		
				New	[1, 4, 7, 2...	1.35400...	6	1311137100		
				New	[1, 2, 5, 3...	1.58113...	6	131241400		
				New	[1, 2, 5, 4...	1.58113...	6	131371700		
				New	[1, 4, 7, 2...	1.47196...	6	131651200		
				New	[1, 2, 5, 3...	1.58113...	6	131769400		
				New	[1, 2, 5, 4...	1.47196...	6	131879800		
				New	[1, 2, 3, 4...	1.58113...	6	132083000		

Minimum Workstations: 4

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	1	0.017	0	Old (11)	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	53476100		
2	5	0.165	1	Old (6)	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	55965400		
3	4	0.257	2	Mutation	[1, 4, 2, 3...	1.58113...	6	58776900		
4	3	0.541	1	Mutation	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	58902300		
5	5	0.987	2	Child	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	59025800		
6	6	0.976	5	Child	[1, 4, 2, 5...	1.47196...	6	59199000		
7	5	1.556	4	Child	[1, 4, 2, 3...	1.35400...	6	59320300		
				Child	[1, 4, 2, 3...	1.35400...	6	59493300		
				New	[1, 2, 3, 5...	1.58113...	6	59497300		
				New	[1, 4, 2, 3...	1.35400...	6	59567700		
				New	[1, 4, 7, 2...	1.47196...	6	59691700		
				New	[1, 2, 3, 5...	1.35400...	6	59763400		
				New	[1, 4, 7, 2...	1.58113...	6	59885800		
				New	[1, 4, 7, 2...	1.47196...	6	60008700		
				New	[1, 4, 2, 7...	1.47196...	6	60130800		
				New	[1, 4, 2, 5...	1.35400...	6	60200200		
				New	[1, 4, 2, 7...	1.35400...	6	60270700		
				New	[1, 2, 5, 6...	1.47196...	6	60341300		
				New	[1, 4, 7, 2...	1.35400...	6	60410800		
				New	[1, 4, 7, 2...	1.58113...	6	60480200		
				Minimum Workstations: 4						

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	1	0.017	0	Old (5)	[1, 4, 7, 2...	1.35400...	6	49106800		
2	5	0.165	1	Old (5)	[1, 4, 7, 2...	1.35400...	6	52090000		
3	4	0.257	2	Mutation	[1, 4, 7, 2...	1.35400...	6	57153400		
4	3	0.541	1	Mutation	[1, 4, 7, 2...	1.58113...	6	57284800		
5	5	0.987	2	Child	[1, 4, 7, 2...	1.58113...	6	57410600		
6	6	0.976	5	Child	[1, 4, 7, 2...	1.35400...	6	57480100		
7	5	1.556	4	Child	[1, 4, 7, 2...	1.35400...	6	57549100		
				Child	[1, 4, 7, 2...	1.47196...	6	57616900		
				New	[1, 2, 4, 5...	1.58113...	6	57620600		
				New	[1, 2, 3, 4...	1.58113...	6	57691500		
				New	[1, 4, 7, 2...	1.47196...	6	57760900		
				New	[1, 4, 2, 5...	1.58113...	6	57830500		
				New	[1, 2, 5, 6...	1.58113...	6	57899800		
				New	[1, 2, 4, 3...	1.58113...	6	57969300		
				New	[1, 4, 2, 7...	1.47196...	6	58039000		
				New	[1, 4, 2, 3...	1.35400...	6	58107800		
				New	[1, 2, 4, 5...	1.58113...	6	58176700		
				New	[1, 2, 4, 7...	1.47196...	6	58246200		
				New	[1, 4, 2, 3...	1.58113...	6	58366600		
				New	[1, 4, 2, 5...	1.58113...	6	58488200		
				Minimum Workstations: 4						

6.2 Tiempo de ciclo 10

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

File				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	1	0.017	0	Old (12)	[1, 2, 5, 6...	1.41421...	5	102491200			
2	5	0.165	1	Old (12)	[1, 2, 5, 6...	1.41421...	5	107458300			
3	4	0.257	2	Mutation	[1, 2, 5, 6...	1.47196...	6	112101500			
4	3	0.541	1	Mutation	[1, 2, 5, 6...	1.41421...	5	112225600			
5	5	0.987	2	Child	[1, 2, 5, 6...	1.41421...	5	112336700			
6	6	0.976	5	Child	[1, 2, 5, 6...	2.56904...	5	112445100			
7	5	1.556	4	Child	[1, 2, 5, 3...	1.41421...	5	112550900			
				Child	[1, 2, 5, 3...	2.56904...	5	112658700			
				New	[1, 4, 2, 3...	1.54919...	5	112663600			
				New	[1, 4, 7, 2...	1.35400...	6	112770500			
				New	[1, 2, 4, 7...	2.64575...	5	112877200			
				New	[1, 4, 2, 3...	2.56904...	5	112982700			
				New	[1, 2, 4, 7...	1.58113...	6	113086100			
				New	[1, 4, 7, 2...	1.54919...	5	113198600			
				New	[1, 4, 2, 7...	2.48997...	5	113304000			
				New	[1, 2, 5, 6...	1.41421...	5	113407100			
				New	[1, 4, 7, 2...	1.54919...	5	113509700			
				New	[1, 4, 7, 2...	2.48327...	6	113614600			
				New	[1, 2, 3, 5...	1.41421...	5	113722000			
				New	[1, 4, 7, 2...	1.54919...	5	113838200			
Station				Options	Assigned	Time Left					
1		1,7		7	5						
1		1		1	4						
2		2,4		4	7						
2		2,3		3	3						
3		2,6		2	5						
4		5,6		5	5						
5		6,6		6	4						
Minimum Workstations: 3											

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

File				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	1	0.017	0	Old (7)	[1, 2, 5, 4...	1.41421...	5	53634400			
2	5	0.165	1	Old (7)	[1, 2, 5, 4...	1.41421...	5	56277600			
3	4	0.257	2	Mutation	[1, 2, 5, 4...	1.41421...	5	58981500			
4	3	0.541	1	Mutation	[1, 2, 5, 6...	1.41421...	5	59078500			
5	5	0.987	2	Child	[1, 2, 5, 4...	1.41421...	5	59171400			
6	6	0.976	5	Child	[1, 2, 5, 4...	1.41421...	5	59259100			
7	5	1.556	4	Child	[1, 2, 5, 4...	1.41421...	5	59344400			
				Child	[1, 2, 5, 4...	1.41421...	5	59428900			
				New	[1, 4, 7, 2...	2.48327...	6	59432800			
				New	[1, 2, 3, 5...	2.56904...	5	59524400			
				New	[1, 4, 2, 3...	1.35400...	6	59614800			
				New	[1, 4, 7, 2...	2.48997...	5	59703300			
				New	[1, 4, 7, 2...	2.48997...	5	59791000			
				New	[1, 4, 7, 2...	1.35400...	6	59881800			
				New	[1, 2, 5, 6...	2.56904...	5	59974400			
				New	[1, 2, 4, 7...	1.58113...	6	60062900			
				New	[1, 4, 7, 2...	1.35400...	6	60151200			
				New	[1, 2, 5, 4...	1.41421...	5	60240700			
				New	[1, 2, 5, 3...	2.56904...	5	60328000			
				New	[1, 4, 7, 2...	2.48327...	6	60417000			
Station				Options	Assigned	Time Left					
1		1,7		1	9						
1		2,7		7	4						
2		2,6		2	5						
3		5,6		5	5						
4		4,6		6	4						
5		4,3		3	6						
5		4,4		4	3						
Minimum Workstations: 3											

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

File				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	1	0.017	0	Old (3)	[1, 4, 2, 5...	0.57735...	3	56708300			
2	5	0.165	1	Old (2)	[1, 4, 2, 5...	0.57735...	3	59513600			
3	4	0.257	2	Mutation	[1, 4, 2, 5...	1.82574...	3	61773400			
4	3	0.541	1	Mutation	[1, 4, 2, 5...	1.63299...	3	61876800			
5	5	0.987	2	Child	[1, 4, 2, 5...	1.82574...	3	61972400			
6	6	0.976	5	Child	[1, 4, 2, 5...	0.57735...	3	62063000			
7	5	1.556	4	Child	[1, 4, 2, 7...	0.57735...	3	62169600			
				Child	[1, 4, 2, 7...	1.82574...	3	62261400			
				New	[1, 2, 3, 4...	3.51188...	3	62265200			
				New	[1, 4, 2, 5...	1.63299...	3	62359400			
				New	[1, 4, 7, 2...	4.04145...	3	62450700			
				New	[1, 2, 3, 4...	4.04145...	3	62541400			
				New	[1, 4, 7, 2...	4.04145...	3	62632100			
				New	[1, 4, 7, 2...	1.82574...	3	62729300			
				New	[1, 4, 7, 2...	0.57735...	3	62820500			
				New	[1, 2, 5, 3...	3.51188...	3	62913500			
				New	[1, 4, 7, 2...	4.04145...	3	63005800			
				New	[1, 2, 3, 4...	3.10912...	3	63102900			
				New	[1, 2, 4, 3...	4.04145...	3	63196700			
				New	[1, 4, 7, 2...	1.63299...	3	63287500			
				Minimum Workstations: 2							

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,6	1	14
1	4,6	6	8
1	4,7	4	5
2	2,7	2	10
2	5,7	5	5
3	3,7	3	11
3	7,7	7	6

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

File				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	1	0.017	0	Old (3)	[1, 4, 2, 3...	0.57735...	3	49251700			
2	5	0.165	1	Old (2)	[1, 4, 2, 3...	0.57735...	3	51612500			
3	4	0.257	2	Mutation	[1, 4, 2, 3...	5.22812...	3	53734800			
4	3	0.541	1	Mutation	[1, 4, 2, 3...	5.22812...	3	53863000			
5	5	0.987	2	Child	[1, 4, 2, 3...	4.04145...	3	53945400			
6	6	0.976	5	Child	[1, 4, 2, 3...	0.57735...	3	54020100			
7	5	1.556	4	Child	[1, 4, 2, 3...	5.22812...	3	54094100			
				Child	[1, 4, 2, 3...	1.63299...	3	54168700			
				New	[1, 2, 3, 4...	4.04145...	3	54171800			
				New	[1, 2, 5, 4...	4.39696...	3	54248300			
				New	[1, 4, 7, 2...	4.76095...	3	54344400			
				New	[1, 4, 2, 5...	4.04145...	3	54422200			
				New	[1, 2, 4, 7...	4.76095...	3	54499300			
				New	[1, 4, 7, 2...	4.76095...	3	54572100			
				New	[1, 4, 7, 2...	4.76095...	3	54641700			
				New	[1, 2, 5, 6...	4.76095...	3	54714500			
				New	[1, 2, 3, 5...	1.82574...	3	54790900			
				New	[1, 4, 2, 5...	4.39696...	3	54863500			
				New	[1, 4, 7, 2...	0.57735...	3	54936300			
				New	[1, 4, 2, 7...	4.04145...	3	55009800			
				Minimum Workstations: 2							

Station	Options	Assigned	Time Left
1	1,6	1	14
1	4,6	4	11
1	2,6	6	5
2	2,7	2	10
2	3,7	3	6
3	5,7	5	10
3	7,7	7	5

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	4	0.054	0	Old (4)	[1, 2, 3, 4...	2.77488...	10	153579600		
2	3	0.115	1	Old (3)	[1, 2, 3, 4...	2.84604...	10	171170900		
3	9	2.104	1	Mutation	[1, 2, 3, 4...	2.98328...	10	179170200		
4	5	1.407	3	Mutation	[1, 2, 3, 4...	4.04519...	11	179555900		
5	9	2.846	4	Child	[1, 2, 3, 4...	2.81069...	10	179822100		
6	4	0.641	5	Child	[1, 2, 3, 4...	2.84604...	10	180082700		
7	8	1.358	5	Child	[1, 2, 3, 4...	2.91547...	10	180349700		
8	7	0.159	6,7	Child	[1, 2, 3, 4...	4.11206...	11	180541300		
9	5	0.996	8	New	[1, 2, 3, 4...	4.04519...	11	180561700		
10	1	0.032	9	New	[1, 3, 4, 5...	3.86122...	11	180850500		
11	3	0.362	9	New	[1, 3, 4, 2...	3.97720...	11	181079800		
6	5,15	5	6	New	[1, 3, 2, 4...	4.19956...	11	181306000		
7	7,15	7	7	New	[1, 2, 3, 4...	4.13411...	11	181584600		
7	14	14	4	New	[1, 2, 3, 4...	4.0	11	181729100		
8	6,15	6	11	New	[1, 3, 4, 5...	4.41073...	11	182017600		
8	8,15	15	6	New	[1, 2, 3, 4...	2.84604...	10	182311000		
9	8,11	8	8	New	[1, 3, 2, 4...	4.26401...	11	182526500		
9	9,11	11	5	New	[1, 3, 4, 2...	4.30644...	11	182669300		
9	12	12	4	New	[1, 2, 3, 4...	3.04959...	10	182897600		
10	9,13	9	10	New	[1, 2, 3, 4...	3.33166...	10	183178100		
10	10,13	10	9							
10	13,13	13	4							

Station	Options	Assigned	Time Left
6	5,15	5	6
7	7,15	7	7
7	14	14	4
8	6,15	6	11
8	8,15	15	6
9	8,11	8	8
9	9,11	11	5
9	12	12	4
10	9,13	9	10
10	10,13	10	9
10	13,13	13	4

Minimum Workstations: 8

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	4	0.054	0	Old (2)	[1, 2, 3, 4...	1.63299...	9	101121700		
2	3	0.115	1	Old (2)	[1, 2, 3, 4...	1.63299...	9	101382800		
3	9	2.104	1	Mutation	[1, 2, 3, 4...	3.30151...	10	105510100		
4	5	1.407	3	Mutation	[1, 2, 3, 4...	3.24037...	10	105851100		
5	9	2.846	4	Child	[1, 2, 3, 4...	3.42052...	10	106009500		
6	4	0.641	5	Child	[1, 2, 3, 4...	1.56347...	9	106270300		
7	8	1.358	5	Child	[1, 2, 3, 4...	3.20936...	10	106534000		
8	7	0.159	6,7	Child	[1, 2, 3, 4...	3.42052...	10	106741000		
9	5	0.996	8	New	[1, 2, 3, 4...	4.30644...	11	106760900		
10	1	0.032	9	New	[1, 3, 4, 5...	4.36931...	11	107132400		
11	3	0.362	9	New	[1, 3, 2, 4...	3.08220...	10	107375200		
6	7,18	7	7	New	[1, 2, 3, 4...	3.33166...	10	107553500		
6	6	6	3	New	[1, 2, 3, 4...	3.11448...	10	107784600		
7	8,18	8	8	New	[1, 3, 4, 5...	2.91547...	10	108011900		
7	9,18	18	3	New	[1, 2, 3, 4...	1.88561...	9	108193700		
8	9,15	15	10	New	[1, 2, 3, 4...	4.80530...	11	108475600		
8	9,14	14	7	New	[1, 2, 3, 4...	3.17804...	10	108763100		
8	11	11	4	New	[1, 3, 2, 4...	3.11448...	10	108937900		
8	10	10	3	New	[1, 2, 3, 4...	3.80788...	10	109109100		
9	9,13	13	10	New	[1, 3, 2, 4...	3.36154...	10	109338800		
9	9,12	12	9							
9	9,9	9	4							

Minimum Workstations: 8

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation					
Task	Time	Variance	Precedence			Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View
1	4	0.054	0			Old (2)	[1, 2, 3, 4...	1.56347...	9	101191000	
2	3	0.115	1			Old (2)	[1, 2, 3, 4...	1.69967...	9	99651900	
3	9	2.104	1			Mutation	[1, 2, 3, 4...	2.98328...	10	104085000	
4	5	1.407	3			Mutation	[1, 2, 3, 4...	3.04959...	10	104341000	
5	9	2.846	4			Child	[1, 2, 3, 4...	3.11448...	10	104555500	
6	4	0.641	5			Child	[1, 2, 3, 4...	3.47850...	10	104924500	
7	8	1.358	5			Child	[1, 2, 3, 4...	3.53553...	10	105136000	
8	7	0.159	6,7			Child	[1, 2, 3, 4...	3.33166...	10	105295700	
9	5	0.996	8			New	[1, 2, 3, 4...	4.25440...	10	105314800	
10	1	0.032	9			New	[1, 2, 3, 4...	2.0	9	105699800	
11	3	0.362	9			New	[1, 3, 4, 5...	3.95428...	11	105980800	
	Station	Options	Assigned	Time Left		New	[1, 2, 3, 4...	3.11448...	10	106163600	
5	5,15	5	6			New	[1, 3, 4, 5...	4.43129...	11	106393300	
6	7,15	7	7			New	[1, 3, 4, 5...	3.27108...	10	106570400	
6	6	6	6	3		New	[1, 3, 4, 2...	3.08220...	10	106801100	
7	21,15	21	8			New	[1, 3, 2, 4...	3.47850...	10	106974400	
7	15	15	3			New	[1, 3, 4, 5...	3.39116...	10	107195700	
8	8,12	8	8			New	[1, 2, 3, 4...	3.39116...	10	107375900	
8	9,12	9	3			New	[1, 3, 2, 4...	2.30940...	9	107604300	
8	12	12	2			New	[1, 2, 3, 4...	3.36154...	10	107782600	
9	11,13	11	12								
9	10,13	10	11								
9	13,13	13	6								

Minimum Workstations: 8

7.2 Tiempo de ciclo 21

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation					
Task	Time	Variance	Precedence			Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View
1	4	0.054	0			Old (2)	[1, 3, 4, 2...	1.64750...	7	173589800	
2	3	0.115	1			Old (2)	[1, 3, 4, 2...	1.64750...	7	173864300	
3	9	2.104	1			Mutation	[1, 3, 4, 2...	4.58257...	7	182362400	
4	5	1.407	3			Mutation	[1, 3, 4, 2...	5.49025...	7	182728700	
5	9	2.846	4			Child	[1, 3, 4, 2...	2.72554...	7	183001400	
6	4	0.641	5			Child	[1, 3, 4, 2...	2.50713...	7	183276800	
7	8	1.358	5			Child	[1, 3, 4, 2...	2.26778...	7	183549400	
8	7	0.159	6,7			Child	[1, 3, 4, 2...	2.39045...	7	183813800	
9	5	0.996	8			New	[1, 3, 4, 2...	3.83592...	7	183833400	
10	1	0.032	9			New	[1, 3, 4, 5...	4.40778...	7	184269800	
11	3	0.362	9			New	[1, 3, 4, 2...	4.32600...	7	184466600	
	Station	Options	Assigned	Time Left		New	[1, 3, 2, 4...	3.29501...	7	184634400	
4	5,10	5	7			New	[1, 2, 3, 4...	4.64450...	7	184802100	
4	10	10	6			New	[1, 2, 3, 4...	3.52541...	7	185280000	
5	6,14	14	18			New	[1, 2, 3, 4...	3.90969...	7	185516800	
5	6,13	13	13			New	[1, 3, 4, 2...	3.56570...	7	185837200	
5	6,12	6	9			New	[1, 2, 3, 4...	3.83592...	7	186163600	
5	12	12	8			New	[1, 3, 2, 4...	5.42481...	7	186335300	
5	11	11	5			New	[1, 3, 4, 5...	3.98210...	7	186741800	
6	7,9	7	13			New	[1, 3, 2, 4...	3.72251...	7	187082100	
6	21,9	21	6								
7	8,9	8	14								
7	9,9	9	9								

Minimum Workstations: 6

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	4	0.054	0	Old (2)	[1, 3, 2, 4...	0.70710...	6	105335000		
2	3	0.115	1	Old (2)	[1, 3, 2, 4...	0.91287...	6	106797400		
3	9	2.104	1	Mutation	[1, 3, 4, 5...	2.56347...	7	108934800		
4	5	1.407	3	Mutation	[1, 3, 2, 4...	4.73588...	7	109264200		
5	9	2.846	4	Child	[1, 3, 2, 4...	6.66547...	7	109480100		
6	4	0.641	5	Child	[1, 3, 2, 4...	4.32600...	7	109647900		
7	8	1.358	5	Child	[1, 3, 2, 4...	2.54950...	6	109958000		
8	7	0.159	6,7	Child	[1, 3, 2, 4...	3.52541...	7	110077900		
9	5	0.996	8	New	[1, 3, 4, 5...	4.42396...	7	110096600		
10	1	0.032	9	New	[1, 2, 3, 4...	4.42396...	7	110230100		
11	3	0.362	9	New	[1, 2, 3, 4...	5.37188...	7	110569100		
	Station	Options	Assigned	Time Left	New	[1, 3, 4, 2...	5.42481...	7	110790100	
4	5,11	5	12	New	[1, 3, 2, 4...	1.95789...	6	111113200		
4	21,11	11	9	New	[1, 3, 4, 5...	4.58257...	7	111401300		
4	10	10	8	New	[1, 2, 3, 4...	5.66946...	7	111589400		
4	13	13	3	New	[1, 3, 4, 5...	7.28010...	7	111882200		
5	21,12	21	14	New	[1, 3, 2, 4...	1.95789...	6	112069600		
5	6,12	6	10	New	[1, 3, 2, 4...	5.47722...	7	112358200		
5	12	12	9	New	[1, 2, 3, 4...	2.61861...	7	112506900		
5	9	9	4	New	[1, 3, 2, 4...	6.31325...	7	112738400		
6	7,8	8	14							
6	7,14	7	6							
6	14,14	14	3							

Minimum Workstations: 6

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View	
1	4	0.054	0	Old (2)	[1, 3, 4, 5...	0.70710...	6	103956600		
2	3	0.115	1	Old (2)	[1, 3, 4, 5...	0.91287...	6	103664700		
3	9	2.104	1	Mutation	[1, 3, 4, 5...	5.90399...	7	106669300		
4	5	1.407	3	Mutation	[1, 3, 4, 2...	0.91287...	6	106962500		
5	9	2.846	4	Child	[1, 3, 4, 5...	4.76595...	7	107267900		
6	4	0.641	5	Child	[1, 3, 4, 5...	4.64450...	7	107548400		
7	8	1.358	5	Child	[1, 2, 3, 4...	2.50713...	7	107772600		
8	7	0.159	6,7	Child	[1, 3, 4, 2...	1.73205...	7	107994800		
9	5	0.996	8	New	[1, 2, 3, 4...	5.16858...	7	108013700		
10	1	0.032	9	New	[1, 2, 3, 4...	2.50713...	7	108308400		
11	3	0.362	9	New	[1, 2, 3, 4...	4.62910...	7	108448700		
	Station	Options	Assigned	Time Left	New	[1, 3, 4, 2...	4.64450...	7	108732800	
4	5,15	15	16	New	[1, 2, 3, 4...	3.72251...	7	109032600		
4	5,11	5	7	New	[1, 3, 4, 2...	5.45108...	7	109275500		
4	11	11	4	New	[1, 3, 4, 5...	5.92814...	7	109627300		
5	7,13	7	13	New	[1, 2, 3, 4...	3.44342...	7	109826200		
5	14,13	13	8	New	[1, 2, 3, 4...	5.54204...	7	110017600		
5	14,10	10	7	New	[1, 2, 3, 4...	3.72251...	7	110363000		
5	14,12	12	6	New	[1, 2, 3, 4...	4.12310...	7	110563800		
5	14	14	3	New	[1, 3, 4, 5...	6.53561...	7	110766800		
6	6,9	6	17							
6	8,9	8	10							
6	9,9	9	5							

Minimum Workstations: 6

7.3 Tiempo de ciclo 26

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

File Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
11	3	0.362	9	Old (6)	[1, 2, 3, 4...	1.18321...	5	154202000			
12	1	0.039	9	Old (2)	[1, 2, 3, 4...	1.18321...	5	170898100			
13	5	0.44	9	Mutation	[1, 2, 3, 4...	7.51664...	6	176442100			
14	3	0.445	7	Mutation	[1, 2, 3, 4...	7.26865...	6	176937400			
15	5	1.34	10,11,12	Child	[1, 2, 3, 4...	8.68907...	6	177213200			
16	3	0.051	15	Child	[1, 2, 3, 4...	6.64580...	6	177508000			
17	13	0.115	13,16	Child	[1, 2, 3, 4...	1.18321...	5	177729200			
18	5	0.373	13,15	Child	[1, 2, 3, 4...	1.18321...	5	177997200			
19	2	0.058	14,18	New	[1, 2, 3, 4...	6.62067...	6	178017300			
20	3	0.516	17	New	[1, 3, 4, 2...	1.18321...	5	178251100			
21	7	1.753	2,4	New	[1, 3, 4, 2...	4.98330...	6	178734600			
3	21,15	21	5	New	[1, 2, 3, 4...	2.44948...	5	179117700			
4	7,15	7	18	New	[1, 2, 3, 4...	8.33666...	6	179402200			
4	6,15	6	14	New	[1, 2, 3, 4...	1.34164...	5	181809900			
4	8,15	15	9	New	[1, 2, 3, 4...	2.28035...	5	182105900			
4	11	11	6	New	[1, 2, 3, 4...	1.18321...	5	182444100			
4	10	10	5	New	[1, 3, 4, 2...	6.74536...	6	182688400			
4	12	12	4	New	[1, 2, 3, 4...	2.44948...	5	182987000			
5	8,13	13	21	New	[1, 2, 3, 4...	5.40061...	6	183322300			
5	8,14	14	18	New	[1, 2, 3, 4...	7.35980...	6	183689600			
5	8,9	8	11								
5	9,9	9	6								

Station	Options	Assigned	Time Left
3	21,15	21	5
4	7,15	7	18
4	6,15	6	14
4	8,15	15	9
4	11	11	6
4	10	10	5
4	12	12	4
5	8,13	13	21
5	8,14	14	18
5	8,9	8	11
5	9,9	9	6

Minimum Workstations: 5

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

File Initial Population				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
11	3	0.362	9	Old (2)	[1, 3, 4, 2...	0.0	5	128933200			
12	1	0.039	9	Old (2)	[1, 2, 3, 4...	0.0	5	130881200			
13	5	0.44	9	Mutation	[1, 3, 4, 2...	3.68781...	5	135007500			
14	3	0.445	7	Mutation	[1, 2, 3, 4...	0.0	5	135462200			
15	5	1.34	10,11,12	Child	[1, 3, 4, 2...	3.76828...	5	135806700			
16	3	0.051	15	Child	[1, 2, 3, 4...	2.28035...	5	136038400			
17	13	0.115	13,16	Child	[1, 2, 3, 4...	4.35889...	5	136362100			
18	5	0.373	13,15	Child	[1, 3, 2, 4...	3.63318...	5	136577900			
19	2	0.058	14,18	New	[1, 2, 3, 4...	2.60768...	5	136596500			
20	3	0.516	17	New	[1, 3, 2, 4...	5.42217...	5	136948500			
21	7	1.753	2,4	New	[1, 2, 3, 4...	0.0	5	137393800			
3	5,15	15	9	New	[1, 2, 3, 4...	2.28035...	5	137691700			
3	10	10	8	New	[1, 3, 4, 5...	3.63318...	5	137927000			
3	11	11	5	New	[1, 3, 4, 5...	2.96647...	5	138314100			
4	5,13	5	17	New	[1, 3, 4, 5...	4.07430...	5	138665000			
4	6,13	6	13	New	[1, 2, 3, 4...	2.68328...	5	139057700			
4	7,13	7	5	New	[1, 3, 4, 2...	3.68781...	5	139344200			
5	8,13	13	21	New	[1, 3, 4, 5...	3.28633...	5	139735500			
5	8,12	12	20	New	[1, 3, 4, 2...	4.71168...	5	140079100			
5	8,14	14	17	New	[1, 3, 2, 4...	2.68328...	5	140424300			
5	8,9	9	12								
5	8,8	8	5								

Station	Options	Assigned	Time Left
3	5,15	15	9
3	10	10	8
3	11	11	5
4	5,13	5	17
4	6,13	6	13
4	7,13	7	5
5	8,13	13	21
5	8,12	12	20
5	8,14	14	17
5	8,9	9	12
5	8,8	8	5

Minimum Workstations: 5

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence		Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View
11	3	0.362	9		Old (4)	[1, 2, 3, 4...	1.18321...	5	126071300	
12	1	0.039	9		Old (2)	[1, 2, 3, 4...	1.18321...	5	134128400	
13	5	0.44	9		Mutation	[1, 2, 3, 4...	8.61200...	6	140089000	
14	3	0.445	7		Mutation	[1, 2, 3, 4...	1.48323...	5	140514800	
15	5	1.34	10,11,12		Child	[1, 2, 3, 4...	1.61245...	5	140935200	
16	3	0.051	15		Child	[1, 2, 3, 4...	1.18321...	5	141364300	
17	13	0.115	13,16		Child	[1, 2, 3, 4...	1.18321...	5	141678600	
18	5	0.373	13,15		Child	[1, 2, 3, 4...	1.48323...	5	141995900	
19	2	0.058	14,18		New	[1, 3, 4, 2...	7.33712...	6	142015100	
20	3	0.516	17		New	[1, 2, 3, 4...	2.44948...	5	142259400	
21	7	1.753	2,4		New	[1, 2, 3, 4...	1.18321...	5	142589900	
	Station	Options	Assigned	Time Left	New	[1, 2, 3, 4...	1.48323...	5	142888800	
3	18	18	5		New	[1, 2, 3, 4...	1.18321...	5	143079600	
4	7,15	15	21		New	[1, 2, 3, 4...	6.44204...	6	143327100	
4	7,12	7	13		New	[1, 2, 3, 4...	2.28035...	5	143616900	
4	6,12	6	9		New	[1, 2, 3, 4...	1.18321...	5	144046700	
4	12	12	8		New	[1, 2, 3, 4...	2.44948...	5	144424500	
4	10	10	7		New	[1, 2, 3, 4...	2.68328...	5	144708700	
4	11	11	4		New	[1, 3, 4, 5...	1.34164...	5	144952900	
5	8,13	8	19		New	[1, 2, 3, 4...	1.48323...	5	145242200	
5	9,13	13	14							
5	9,14	14	11							
5	9,9	9	6							

Minimum Workstations: 5

7.4 Tiempo de ciclo 35

Probabilidad 97.5% $K(1-\alpha) = 1.96$

Initial Population				Generations		Next Generation				
Task	Time	Variance	Precedence		Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View
11	3	0.362	9		Old (2)	[1, 3, 2, 4...	1.5	4	254307700	
12	1	0.039	9		Old (2)	[1, 2, 3, 4...	2.29128...	4	249653900	
13	5	0.44	9		Mutation	[1, 3, 2, 4...	7.15891...	4	260388400	
14	3	0.445	7		Mutation	[1, 2, 3, 4...	2.29128...	4	260792100	
15	5	1.34	10,11,12		Child	[1, 3, 2, 4...	8.13941...	4	261287000	
16	3	0.051	15		Child	[1, 2, 3, 4...	5.02493...	4	261728500	
17	13	0.115	13,16		Child	[1, 3, 2, 4...	4.71699...	4	262212700	
18	5	0.373	13,15		Child	[1, 3, 2, 4...	4.82182...	4	262586000	
19	2	0.058	14,18		New	[1, 2, 3, 4...	2.69258...	4	262606600	
20	3	0.516	17		New	[1, 2, 3, 4...	7.5	4	263056700	
21	7	1.753	2,4		New	[1, 3, 4, 5...	8.07774...	4	263506600	
	Station	Options	Assigned	Time Left	New	[1, 2, 3, 4...	4.82182...	4	263963200	
3	5,15	15	30		New	[1, 3, 4, 5...	7.29725...	4	264513700	
3	5,10	10	29		New	[1, 3, 4, 2...	6.10327...	4	264820100	
3	5,12	5	20		New	[1, 3, 2, 4...	7.63216...	4	265262600	
3	7,12	7	12		New	[1, 3, 2, 4...	6.98212...	4	265766600	
3	14,12	14	9		New	[1, 3, 4, 5...	6.57647...	4	266268700	
3	12	12	8		New	[1, 3, 4, 2...	8.07774...	4	266877800	
4	6,13	13	30		New	[1, 2, 3, 4...	4.55521...	4	267339600	
4	6,11	6	26		New	[1, 2, 3, 4...	5.89491...	4	267589400	
4	8,11	11	23							
4	8,9	8	16							
4	9,9	9	11							

Minimum Workstations: 4

Probabilidad 95% $K(1-\alpha) = 1.645$

File				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
11	3	0.362	9	Old (3)	[1, 3, 2, 4...	5.40832...	4	227910500			
12	1	0.039	9	Old (2)	[1, 2, 3, 4...	5.40832...	4	240731100			
13	5	0.44	9	Mutation	[1, 3, 2, 4...	8.55862...	4	245017500			
14	3	0.445	7	Mutation	[1, 2, 3, 4...	9.60468...	4	245422300			
15	5	1.34	10,11,12	Child	[1, 3, 2, 4...	8.52936...	4	246024700			
16	3	0.051	15	Child	[1, 2, 3, 4...	5.40832...	4	246414800			
17	13	0.115	13,16	Child	[1, 2, 3, 4...	11.6081...	4	246651400			
18	5	0.373	13,15	Child	[1, 3, 2, 4...	8.64580...	4	247297700			
19	2	0.058	14,18	New	[1, 2, 3, 4...	7.69740...	4	247317900			
20	3	0.516	17	New	[1, 2, 3, 4...	11.1467...	4	247732300			
21	7	1.753	2,4	New	[1, 3, 4, 2...	7.01783...	4	248153800			
	Station	Options	Assigned	Time Left	New	[1, 2, 3, 4...	9.63068...	4	248459100		
3	6,18	6	24	New	[1, 2, 3, 4...	9.23309...	4	250953400			
3	8,18	18	19	New	[1, 2, 3, 4...	10.7354...	4	251199100			
3	8,16	16	16	New	[1, 2, 3, 4...	9.60468...	4	251613700			
3	8,15	15	11	New	[1, 3, 4, 5...	9.23309...	4	251861500			
3	8,12	12	10	New	[1, 2, 3, 4...	11.1915...	4	252273600			
3	8,10	10	9	New	[1, 2, 3, 4...	7.76208...	4	252625500			
3	11	11	6	New	[1, 3, 2, 4...	10.0623...	4	253125800			
4	8,13	8	28	New	[1, 3, 4, 2...	9.17877...	4	253586600			
4	14,13	14	25								
4	9,13	13	20								
4	9,9	9	15								

Minimum Workstations: 4

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

File				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
11	3	0.362	9	Old (2)	[1, 2, 3, 4...	2.69258...	4	167976200			
12	1	0.039	9	Old (2)	[1, 2, 3, 4...	4.5	4	169492400			
13	5	0.44	9	Mutation	[1, 2, 3, 4...	10.7121...	4	175867900			
14	3	0.445	7	Mutation	[1, 2, 3, 4...	8.95823...	4	176157600			
15	5	1.34	10,11,12	Child	[1, 2, 3, 4...	8.73212...	4	176490100			
16	3	0.051	15	Child	[1, 2, 3, 4...	7.43303...	4	177028000			
17	13	0.115	13,16	Child	[1, 3, 4, 5...	10.0623...	4	177355800			
18	5	0.373	13,15	Child	[1, 3, 2, 4...	6.22494...	4	177669400			
19	2	0.058	14,18	New	[1, 3, 4, 2...	8.07774...	4	177689800			
20	3	0.516	17	New	[1, 2, 3, 4...	8.95823...	4	178175700			
21	7	1.753	2,4	New	[1, 3, 2, 4...	7.15891...	4	178370300			
	Station	Options	Assigned	Time Left	New	[1, 3, 4, 5...	2.69258...	4	178789100		
3	14,18	18	22	New	[1, 2, 3, 4...	9.17877...	4	179293900			
3	14,15	15	17	New	[1, 3, 2, 4...	10.0623...	4	179761800			
3	14,13	14	14	New	[1, 2, 3, 4...	9.55248...	4	180107300			
3	21,13	21	7	New	[1, 3, 4, 5...	6.53834...	4	180559500			
4	6,13	6	31	New	[1, 3, 4, 2...	8.07774...	4	180965200			
4	8,13	13	26	New	[1, 2, 3, 4...	8.07774...	4	181367100			
4	8,11	8	19	New	[1, 3, 4, 5...	8.52936...	4	181916300			
4	9,11	9	14	New	[1, 2, 3, 4...	10.0623...	4	182628600			
4	10,11	11	11								
4	10,12	10	10								
4	12,12	12	9								

Minimum Workstations: 4

Probabilidad 90% $K(1-\alpha) = 1.28$

File				Generations				Next Generation			
Task	Time	Variance	Precedence	Type	Chromos...	SI	WS	CPT	View		
1	4	0.054	0	Old (3)	[1, 3, 2, 4...	1.29099...	3	218269200			
2	3	0.115	1	Old (2)	[1, 2, 3, 4...	10.5237...	4	227907800			
3	9	2.104	1	Mutation	[1, 3, 2, 4...	14.7394...	4	235538000			
4	5	1.407	3	Mutation	[1, 2, 3, 4...	14.2214...	4	236681100			
5	9	2.846	4	Child	[1, 3, 2, 4...	15.5804...	4	236666100			
6	4	0.641	5	Child	[1, 2, 3, 4...	14.2214...	4	237377000			
7	8	1.358	5	Child	[1, 3, 2, 4...	14.9248...	4	237978900			
8	7	0.159	6,7	Child	[1, 3, 2, 4...	14.9415...	4	238724200			
9	5	0.996	8	New	[1, 2, 3, 4...	13.1624...	4	238742700			
10	1	0.032	9	New	[1, 3, 2, 4...	15.5	4	239099500			
11	3	0.362	9	New	[1, 3, 4, 5...	11.5	4	239710900			
	Station	Options	Assigned	Time Left	New	[1, 3, 2, 4...	14.5344...	4	240225900		
2	16	16	7	New	[1, 2, 3, 4...	14.6714...	4	240590300			
3	7,15	15	34	New	[1, 3, 2, 4...	14.5344...	4	241071500			
3	7,11	7	26	New	[1, 3, 4, 2...	14.2214...	4	241578300			
3	6,11	6	22	New	[1, 3, 2, 4...	14.5172...	4	242049100			
3	14,11	14	19	New	[1, 3, 2, 4...	13.5738...	4	242519300			
3	8,11	11	16	New	[1, 3, 4, 5...	14.5172...	4	243126700			
3	8,10	10	15	New	[1, 3, 4, 5...	15.1079...	4	243600400			
3	8,13	8	8	New	[1, 2, 3, 4...	15.5804...	4	243948600			
4	9,13	13	34								
4	9,12	9	29								
4	12,12	12	28								

Minimum Workstations: 3