



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Modelo de algoritmo genético para la programación de proyectos viales”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR

Revilla Lozano, John Carlos Paul

ASESOR

Dr. Gerardo Enrique Cancho Zuñiga

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Administración y seguridad de la construcción

LIMA - PERÚ

2016

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don

(a) JOHN CARLOS PAUL REVILLA LOZANO
cuyo título es: "MODELO DE ALGORITMO GENÉTICO PARA LA PROGRAMACIÓN
DE PROYECTOS VIALES"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 14 (número)
CATORCE (letras).

Lima, (o Filial) 06 de MAYO del 2019


.....
Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo
Enrique


.....
Mg. Delgado Ramirez, Felix


.....
Dr. Muñoz Paucarmayta, Abel

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre Rocio Lozano Rios, quien me enseñó que los sueños son el motor de la vida y a mi hermanita María Guadalupe de quien aprendí que el valor de una persona no se mide por las cosas que uno posee, sino por el amor que se transmite a los demás.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente por el apoyo en la realización de este trabajo de investigación a mi madre, a mi amigo “El Profesor” y a mis hermanas; por su paciencia durante la realización de este proyecto. Sin su apoyo este trabajo no hubiera sido posible. Mil gracias a ustedes por darme la fuerza y energía que necesitaba en los momentos en los cuales simplemente pensaba rendirme.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, REVILLA LOZANO JOHN CARLOS PAUL identificado con DNI 73899729 estudiante de la Escuela Académico profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo, declaro bajo juramento que la tesis de grado denominada "MODELO DE ALGORITMO GENÉTICO PARA LA PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS VIALES" fue desarrollada respetando los derechos de terceros, conforme se mencionan en los pies de páginas cuyas fuentes se encuentran descritas en la biografía, también mencionar que los datos obtenidos son reales y no han sido falseados, duplicados ni copiados de otra fuente externa y finalmente declarar que todo el trabajo es de mi autoría por lo cual me responsabilizo de los alcances que este trabajo pueda generar.

Lima, 2016



John Carlos Paul Revilla Lozano

DNI 73899729

PRESENTACIÓN

En la presente investigación se realizará un modelamiento de la programación de dos proyectos de carreteras denominados “Rehabilitación de pistas, áreas verdes, bermas laterales y veredas de la Av. Santa Rosa, carretera central – Av. separadora industrial, zona 01 distrito de Ate, Lima – Lima” SNIP 252627 y “Construcción de veredas y pavimentación de la avenida Camino Real, del C.P. San Isidro, Distrito Imperial – Cañete – Lima” SNIP 77590

Se definieron los conceptos de acuerdo a los enfoques que se le dio a la investigación que van desde estudios de los algoritmos genéticos, pasando por toda la programación de obras y terminar con un breve repaso de las partes de un proyecto vial.

Para la recolección de la información se usó la metodología de la muestra de tipo caso en el cual se escogió dos muestras de todos los disponibles, y del escogido se extrajo la información de partidas incluidas, metrados y precios unitarios para poder ingresarlos al sistema de los algoritmos genéticos los cuales analizan la información para obtener la solución óptima.

Después de esperar el tiempo de procesamiento se obtuvo los resultados deseados en el cual se optimizaba el costo total del proyecto, pero una consecuencia de este resultado era que se ampliaba la duración del proyecto por lo que se agregó una opción para exportarlo Microsoft Project en el cual el proyectista puede adecuar el proyecto a sus necesidades específicas.

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	V
PRESENTACIÓN	VI
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE IMÁGENES	XI
ÍNDICE DE ECUACIONES	XIV
ÍNDICE DE TABLAS	XV
I. INTRODUCCIÓN	18
1.1. Realidad problemática	19
1.2. Trabajos previos	19
1.3. Teorías relacionadas al tema	22
1.3.1. Los algoritmos genéticos	22
Introducción	22
Definición	22
Codificación de problemas	23
Bondad del algoritmo	23
Operadores genéticos	23
Selección	23
Cruce	25
Elitismo	26

Mutación	26
Evaluación	26
1.3.2. Programación de obra – CPM	27
Definición	27
Antecedentes	28
Características	28
Diagrama de flechas	28
Actividad	28
Evento	29
Reglas	29
Tiempos en la red	29
Ruta crítica	30
Cuadro de cálculo	30
Recursos	30
Asignación de recursos	30
Distribución de recursos	31
Nivelación e histograma de recursos	31
Costos	32
Costos directos	32
Costos indirectos	32
Costos totales	33
Pendiente de costo	33
Proyectos	33
Definición	33
Etapas	34
Control	34
1.3.3. Proyecto de carreteras	34
Partidas mínimas	35
Partidas complementarias	35
1.4. Formulación del problema	35
1.4.1. Problema general	35
1.4.2. Problemas específicos	35
1.5. Justificación del problema	35
1.6. Hipótesis	36
1.6.1. Hipótesis general	36

1.6.2.	Hipótesis nula.....	36
1.7.	Objetivos.....	36
1.7.1.	Objetivo general.....	36
1.7.2.	Objetivos específicos	36
II.	MÉTODO	38
2.1.	Diseño de investigación	39
2.2.	Variables, operacionalización.....	39
2.2.1.	Variables	39
2.2.2.	Operacionalización.....	39
2.3.	Población y muestra.....	40
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	40
2.5.	Métodos de análisis de datos	41
2.6.	Aspectos éticos	41
III.	RESULTADOS	42
IV.	DISCUSIÓN.....	52
V.	CONCLUSIONES	54
VI.	RECOMENDACIONES	56
VII.	REFERENCIAS	58
ANEXOS		62
Matriz de consistencia		62
ESTUDIO DE CASO I.....		63
ENSAYOS REALIZADOS CON LOS ALGORITMOS GENÉTICOS – CASO I.....		107

ESTUDIO DE CASO II.....	117
ENSAYOS REALIZADOS CON LOS ALGORITMOS GENÉTICOS – CASO II.....	121
RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS NO PARAMÉTRICOS.....	131
CÓDIGO USADO PARA EL DISEÑO DE LA SISTEMA	139

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1: CRUCE EN UN PUNTO	25
IMAGEN 2: CRUCE DE DOS PUNTOS	25
IMAGEN 3: CLASIFICACIÓN DE LOS TIEMPOS EN LA RED	29
IMAGEN 4: DISTRIBUCIÓN DE RECURSOS	31
IMAGEN 5: NIVELACIÓN DE RECURSOS.....	31
IMAGEN 6: HISTOGRAMA DE RECURSOS.....	32
IMAGEN 7: GRÁFICA COSTO - TIEMPO	33
IMAGEN 8: TIEMPO VS CONTROL CUADRÁTICO VS COSTO CASO I.....	43
IMAGEN 9: TIEMPO VS CONTROL CUADRÁTICO VS COSTO CASO II.....	48
IMAGEN 10: COSTO VS N DE GENERACIÓN (5 GENERACIONES) - ELITISMO	77
IMAGEN 11:TIEMPO VS N DE GENERACIÓN (5 GENERACIONES) - ELITISMO.....	77
IMAGEN 12:COSTO VS TIEMPO (5 GENERACIONES) – ELITISMO	78
IMAGEN 13:COSTO VS N DE GENERACIÓN (10 GENERACIONES) -- ELITISMO	79
IMAGEN 14:TIEMPO VS N DE GENERACIÓN (10 GENERACIONES) - ELITISMO.....	80
IMAGEN 15:COSTO VS TIEMPO (10 GENERACIONES) - ELITISMO	80
IMAGEN 16::COSTO VS N DE GENERACIÓN (15 GENERACIONES) - ELITISMO	82
IMAGEN 17:TIEMPO VS N DE GENERACIÓN (15 GENERACIONES) - ELITISMO.....	82
IMAGEN 18:COSTO VS TIEMPO (15 GENERACIONES) - ELITISMO	83
IMAGEN 19:COSTO VS N DE GENERACIÓN (20 GENERACIONES) - ELITISMO	85
IMAGEN 20:TIEMPO VS N DE GENERACIÓN (20 GENERACIONES) - ELITISMO.....	85
IMAGEN 21:COSTO VS TIEMPO (20 GENERACIONES) - ELITISMO	86
IMAGEN 22:COSTO VS N DE GENERACIÓN (25 GENERACIONES) - ELITISMO	88
IMAGEN 23:TIEMPO VS N DE GENERACIÓN (25 GENERACIONES) - ELITISMO.....	88
IMAGEN 24:COSTO VS TIEMPO (25 GENERACIONES) - ELITISMO	89
IMAGEN 25:COSTO VS N DE GENERACIÓN (30 GENERACIONES) - ELITISMO	91
IMAGEN 26:TIEMPO VS N DE GENERACIÓN (30 GENERACIONES) - ELITISMO.....	91
IMAGEN 27:COSTO VS TIEMPO (30 GENERACIONES) - ELITISMO	92
IMAGEN 28:COSTO VS N DE GENERACIÓN (25 GENERACIONES) - MEJORES PADRES E HIJOS..	94
IMAGEN 29:TIEMPO VS N DE GENERACIÓN (25 GENERACIONES) - MEJORES PADRES E HIJOS.	94
IMAGEN 30:COSTO VS TIEMPO (25 GENERACIONES) - MEJORES PADRES E HIJOS	95
IMAGEN 31:COSTO VS N DE GENERACIÓN (30 GENERACIONES) - MEJORES PADRES E HIJOS..	97
IMAGEN 32:TIEMPO VS N DE GENERACIÓN (30 GENERACIONES) - MEJORES PADRES E HIJOS.	97
IMAGEN 33:COSTO VS TIEMPO (30 GENERACIONES) - MEJORES PADRES E HIJOS	98
IMAGEN 34:COSTO VS N DE GENERACIÓN - ELITISMO - CON LÍMITE DE TIEMPO	99

IMAGEN 35:DÍAS VS N DE GENERACIÓN - ELITISMO - CON LÍMITE DE TIEMPO	100
IMAGEN 36:COSTO VS DÍAS - ELITISMO - CON LÍMITE DE TIEMPO	100
IMAGEN 37:COSTO VS N DE GENERACIÓN - MEJORES PADRES E HIJOS - CON LÍMITE DE TIEMPO	102
IMAGEN 38:DÍAS VS N DE GENERACIÓN - MEJORES PADRES E HIJOS - CON LÍMITE DE TIEMPO	102
IMAGEN 39:COSTO VS DÍAS - MEJORES PADRES E HIJOS - CON LÍMITE DE TIEMPO.....	103
IMAGEN 40: TIEMPO DE EJECUCIÓN VS N DE GENERACIONES	104
IMAGEN 41: COSTO MÁX. Y MIN VS N DE GENERACIONES.....	105
IMAGEN 42: TIEMPO MÁX. Y MIN VS N DE GENERACIONES.....	106
IMAGEN 43: COSTO VS N DE GENERACIÓN - 1 ENSAYO.....	108
IMAGEN 44:DÍAS VS N DE GENERACIÓN - 1 ENSAYO	109
IMAGEN 45:COSTO VS DÍAS - 1 ENSAYO.....	109
IMAGEN 46: COSTO VS N DE GENERACIÓN - 2 ENSAYO	110
IMAGEN 47: DÍAS VS N DE GENERACIÓN - 2 ENSAYO	111
IMAGEN 48: COSTO VS DÍAS - 2 ENSAYO.....	111
IMAGEN 49: COSTO VS N DE GENERACIÓN - 3 ENSAYO	112
IMAGEN 50: DÍAS VS N DE GENERACIÓN - 3 ENSAYO	113
IMAGEN 51: COSTO VS DÍAS - 3 ENSAYO.....	113
IMAGEN 52:COSTO VS N DE GENERACIÓN - 4 ENSAYO	114
IMAGEN 53:DÍAS VS N DE GENERACIÓN - 4 ENSAYO	115
IMAGEN 54: COSTO VS DÍAS - 4 ENSAYO.....	115
IMAGEN 55: COSTO VS N DE GENERACIÓN - 5 ENSAYO	116
IMAGEN 56: DÍAS VS N DE GENERACIÓN - 5 ENSAYO	117
IMAGEN 57: COSTO VS DÍAS - 5 ENSAYO.....	117
IMAGEN 58: COSTO VS N DE GENERACIÓN - 1 ENSAYO.....	122
IMAGEN 59: DÍAS VS N DE GENERACIÓN - 1 ENSAYO	122
IMAGEN 60: COSTO VS DÍAS - 1 ENSAYO.....	123
IMAGEN 61: COSTO VS N DE GENERACIÓN - 2 ENSAYO	124
IMAGEN 62: DÍAS VS N DE GENERACIÓN - 2 ENSAYO	124
IMAGEN 63:COSTO VS DÍAS - 2 ENSAYO.....	125
IMAGEN 64: COSTO VS N DE GENERACIÓN - 3 ENSAYO	126
IMAGEN 65:DÍAS VS N DE GENERACIÓN - 3 ENSAYO	126
IMAGEN 66:COSTO VS DÍAS - 3 ENSAYO.....	127
IMAGEN 67: COSTO VS N DE GENERACIÓN - 4 ENSAYO	128
IMAGEN 68: DÍAS VS N DE GENERACIÓN - 4 ENSAYO	128

IMAGEN 69: COSTO VS DÍAS - 4 ENSAYO.....	129
IMAGEN 70: COSTO VS N DE GENERACIÓN - 5 ENSAYO	130
IMAGEN 71: DÍAS VS N DE GENERACIÓN - 5 ENSAYO	130
IMAGEN 72: COSTO VS DÍAS - 5 ENSAYO.....	131

ÍNDICE DE ECUACIONES¹

ECUACIÓN 1: FITNESS ESTANDARIZADO	27
ECUACIÓN 2: FITNESS AJUSTADO.....	27
ECUACIÓN 3: FITNESS NORMALIZADO	27
ECUACIÓN 4: PENDIENTE DE COSTO.....	33

¹ Ecuaciones extraídas de GESTAL, Marcos, y otros. Introducción a los algoritmos genéticos y la programación genética.

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	39
TABLA 2: RESUMEN DE RESULTADOS CASO I	44
TABLA 3: ESTADÍSTICA DE WILCOXON - COSTO - CASO I	44
TABLA 4: ESTADÍSTICA DE WILCOXON - TIEMPO - CASO I.....	45
TABLA 5: RESUMEN DE RESULTADOS CASO II	48
TABLA 6: ESTADÍSTICA DE WILCOXON - COSTO - CASO II	49
TABLA 7: ESTADÍSTICA DE WILCOXON - TIEMPO - CASO II	49
<i>TABLA 8: MATRIZ DE CONSISTENCIA</i>	<i>62</i>
TABLA 9: METRADOS CASO I	65
TABLA 10: PRECIOS UNITARIOS Y RENDIMIENTOS	68
TABLA 11: PRUEBA DE RANGOS CON SIGNOS DE WILCOXON – TIEMPO – CASO I.....	131
TABLA 12: RESULTADOS WILCOXON - TIEMPO - CASO I.....	132
TABLA 13: PRUEBA NO PARAMETRICA WILCOXON - TIEMPO - CASO I.....	133
TABLA 14: CONTRASTE DE HIPOTESIS - TIEMPO - CASO I.....	133
TABLA 15: PRUEBA DE RANGOS CON SIGNOS DE WILCOXON – COSTO – CASO I	133
TABLA 16: RESULTADOS WILCOXON - COSTO - CASO I	134
TABLA 17: PRUEBA NO PARAMETRICA WILCOXON - COSTO - CASO I	135
TABLA 18: CONTRASTE DE HIPOTESIS - COSTO - CASO I	135
TABLA 19: PRUEBA DE RANGOS CON SIGNOS DE WILCOXON – TIEMPO – CASO II.....	136
TABLA 20: RESULTADOS WILCOXON - TIEMPO - CASO II.....	136
TABLA 21: PRUEBA NO PARAMETRICA WILCOXON - TIEMPO - CASO II.....	137
TABLA 22: CONTRASTE DE HIPOTESIS - TIEMPO - CASO II.....	137
TABLA 23: PRUEBA DE RANGOS CON SIGNOS DE WILCOXON – COSTO – CASO II	137
TABLA 24: PRUEBA DE RANGOS CON SIGNOS DE WILCOXON – COSTO – CASO II.....	138
TABLA 25: PRUEBA NO PARAMETRICA WILCOXON - COSTO - CASO II	139
TABLA 26: CONTRASTE DE HIPOTESIS - COSTO - CASO II	139

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue desarrollado teniendo en cuenta el tiempo que los proyectistas de carreteras invierten en el desarrollo de los proyectos de carreteras. Este trabajo de investigación puede ser aplicado a cualquier proyecto de carretera por lo que no está limitado en el tiempo ni en el espacio porque funciona en base a partidas y precios unitarios. Para el desarrollo de esta investigación se desarrolló la teoría de los algoritmos genéticos, la programación de obra y las partes de los proyectos viales.

La investigación será de tipo cuantitativo experimental transversal, de alcance o tipo correlacional en cual la población son todos los proyectos viales de pavimento flexible que tengan un contrato con el estado en el cual las muestras son dos de estos proyectos dado que la muestra es de tipo no probabilístico, el instrumento usado para la realización de esta investigación es el entorno de desarrollo visual basic for application de Excel dado que es un sistema fácil de usar y la herramienta fue el software SPSS.

Finalmente se demostró que este método de optimización con algoritmos genéticos es muy útil dado que el tiempo de optimización no excede la hora de trabajo por lo que lo vuelve una herramienta muy útil a la hora de programar proyectos viales y realizar sus respectivas modificaciones.

Palabras clave: Algoritmos genéticos, programación de obra, proyectos viales

ABSTRACT

The present research was developed taking into account the time that the road designers invest in the development of road projects. This research work can be applied to any road project so it is not limited in time or space because it works based on unit prices and prices. For the development of the research was developed the theory of genetic algorithms, the programming of the work and the parts of the road projects.

The research will be of quantitative experimental cross-sectional type, of scope or correlational type in which the population are all flexible pavement road projects that have a contract with the state in which the sample were two of these projects since the sample is of Case type, the instrument used to carry out this research is the basic visual development environment for the Excel application given that it is an easy to use system.

Finally it was shown that this method of optimization with genetic algorithms is very useful since the optimization time does not exceed the working hour so it becomes a very useful tool when scheduling road projects and make their respective modifications.

Keywords: Genetic algorithms, work scheduling, road projects

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A nivel global uno de los principales inconvenientes durante la elaboración de un expediente técnico de un proyecto vial es; la etapa de la programación de la obra en la cual se minimiza la inversión, es decir se obtiene el máximo provecho del capital; dado que hay que distribuir los recursos destinados con el fin de obtener un rendimiento óptimo, y por consiguiente evitar las pérdidas económicas en el proyecto que se genera por la mala distribución de las partidas.

Este problema se está manifestando en la realidad internacional y nuestro país no es una excepción a esta, el cual además se está desarrollando la construcción a una velocidad vertiginosa gracias al llamado “boom de la construcción”, en el que se realizan gran cantidad de obras. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente y considerando que la parte más importante de un expediente es el anteproyecto, en el cual se realizan todas las gestiones, se hace imprescindible la utilización de software para obtener el máximo desempeño, pero un punto en contra es el elevado precio de estos.

Consecuentemente se aparta a las pequeñas y medianas empresas de la posibilidad de generar ingresos dado que no pueden participar en la elaboración de los expedientes técnicos, por ende, resulta una disminución de los puestos de trabajo siendo estas las que mayores puestos de trabajo crean y mantienen; de estas afirmaciones se concluye la necesidad del desarrollo de software económico que permita a estas empresas lograr la competitividad en el mercado actual.

1.2. Trabajos previos

En la revisión de la literatura se encontró que no hay trabajos previos relacionados directamente con el tema de investigación en nuestro país salvo algunas excepciones que no aportan información necesaria para el desarrollo de este proyecto de investigación, lo que conllevó a la búsqueda de información del extranjero que resulto en algunas investigaciones aisladas y documentos técnicos que se mostraran a continuación:

Tesis internacionales

(CALDERÓN Saffon, 2005) En la tesis de grado denominado “Programación de proyectos de construcción de edificaciones mediante un algoritmo genético” de la

Pontificia Universidad Javeriana – Colombia, en cual el objetivo general es desarrollar una herramienta computacional con la cual los atributos del proyecto evolucionen hasta encontrar una programación de obra que se ajuste al flujo de ingresos esperado consideró como objetivo el desarrollar una herramienta computacional con la cual los atributos del proyecto evolucionen hasta encontrar una programación de obra que se ajuste al flujo de ingresos esperado se aplicó la metodología de tipo caso en el cual la población es de una muestra, durante el desarrollo analizó las variables algoritmos genéticos y la relación costo-tiempo de un proyecto de edificaciones y llegó a la conclusión que; los algoritmos genéticos son aplicables a su realidad en la planeación de los proyectos de construcción lo que facilita el proceso que conlleva a que pueda extenderse a todo Colombia, además que los algoritmos genéticos son aplicables a muchos campos aparte de la ingeniería civil y no solamente a la programación de obra.

Finalmente, los algoritmos genéticos son muy importantes debido a el avance que tuvieron las ciencias de la computación esto afecto de manera positiva el estudio de esta rama ya que en la actualidad se encuentran muchos procesadores capaces de analizar la información necesaria para la programación y ejecución de los algoritmos genéticos.

(OSSA Calderón, 2005) En la tesis de grado denominado “Uso de algoritmos genéticos para facilitar el manejo de las variables y su relación con el valor presente neto, en la construcción de un parque urbano” de la Pontificia Universidad Javeriana – Colombia, en cual el objetivo general es analizar , con la ayuda de los algoritmos genéticos, la relación entre los cambios que se realicen entre las duraciones de las actividades, los costos de administración y las penalizaciones generadas por retraso en entregas del proyecto en el valor presente neto y la duración total en la construcción de un parque urbano y se aplicó la metodología de tipo caso en la cual la población es de dos muestras, se concluyó que el tiempo que toma cada actividad en la realización de un proyecto de ingeniería civil es de vital importancia por lo tanto se debe tener consideración de la programación para no sobreestimar los costos y recomienda a la hora de analizar los resultados obtenidos por los algoritmos genéticos se observar la evolución del comportamiento para no obtener una solución local, también que una adecuada representación de

los genomas de algoritmo conllevara a una menor cantidad de tiempo desperdiciado por eso hay que tener mucho empeño a la hora de programar, también que a la hora de comenzar el programa el resultado dependerá más que nada de la aleatoriedad de la primera generación por eso si se observa que la generación inicial no es eficiente entonces es mejor realizar la prueba una vez más para comparar resultados, también que los procesos como mutación, elitismo, cruce que son propios de los algoritmos genéticos deben ser tomados muy en cuenta porque de ello depende que obtengamos un resultado eficiente y finalmente en vez de realizar un solo proceso con muchas generaciones que puede conllevar a errores en los resultados en mejor realizar procesos con pocas generaciones e ir guardando los resultados óptimos para disminuir la posibilidad de error.

(JARQUÍN Laguna, 2014) En su tesis de grado denominada “Aplicación de algoritmos genéticos en ingeniería civil” de la universidad Nacional Autónoma de México, en el cual el objetivo general es mostrar a los algoritmos genéticos como una herramienta útil en la búsqueda de soluciones y alternativas en algunas áreas de Ingeniería Civil y se aplicó la metodología de tipo caso en el cual la población es de cuatro muestras representativas de cada área de la especialidad de ingeniería civil; tiene como conclusiones; los usos de los algoritmos genéticos son eficientes en la mayoría de los casos que se estudió y en los casos que las respuestas no fueron adecuadas se aproximaron lo suficiente para despreciar el pequeño margen de error. Además de que consideró la respuesta como adecuada, también concluyó que los algoritmos genéticos pueden ser de ayuda en gran parte de las actividades de la ingeniería civil dado su capacidad de solucionar problemas complejos, finalmente es su alta adaptabilidad lo que le permite que sea una herramienta que deba utilizar constantemente porque otorga una solución en la cual quedan absorbidas las dudas de diseñador, del operador y todas las personas involucradas en la ejecución del proyecto.

(FENG, y otros) En su documento técnico denominado “El uso de algoritmos genéticos para resolver los problemas de tiempo - costo equilibrados en la construcción” de la ASCE en el cual el objetivo general es la presentación de un algoritmo basado en los principios de las AG para la optimización de la compensación de tiempo-costos de la construcción, mencionaron que en la

resolución de problemas de ingeniería uno de los aspectos más importantes es hallar el equilibrio entre el tiempo y costo dado que menor tiempo de construcción equivale a una mayor inversión inicial pero mayor tiempo incluye menor inversión pero que a largo plazo puede superar a la inversión inicial, anteriormente esto se solucionaba solo tomando más atención la ruta crítica pero los algoritmos genéticos han demostrado ser una solución adecuada con problemas grandes y de muchas variables por eso se usó este trabajo porque otorga soluciones óptimas.

(CHAN, y otros) En su documento técnico denominado “Planificación del mantenimiento de carretas utilizando algoritmos genéticos [...]” de la ASCE en el cual el objetivo general es demostrar la aplicabilidad de los algoritmos genéticos, como una herramienta de optimización capaz de superar la explosión combinatoria a nivel de red demostraron; la utilidad de una herramienta que supere el problema de la planificación del mantenimiento de carreteras, ellos promueven el uso de los algoritmos genéticos como uno de los procedimientos más óptimos para la resolución del problema de mantenimiento de las vías además de promover un programa que se basa totalmente en los algoritmos genéticos llamado PAVENET que resuelve los problemas que más aquejan a los ingenieros de carreteras basándose en tres parámetros que son tamaño de la población inicial, tasa de mutación y sistema de clasificación de la descendencia.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Los algoritmos genéticos

Introducción

Las primeras tentativas para lograr una semejanza con el proceso evolutivo fueron en los años 60 pero dada la complejidad de estos y enfoques erróneos no se pudo obtener método adecuado hasta que John Holland (Considerado padre de los AG) quien infirió que la parte más importante de la evolución es una forma de adaptación entonces aplicando estos conocimientos a un programa informático desarrollo los llamados algoritmos genéticos. Después de la muerte de Holland, David Goldberg (quien es uno de los actuales líderes en AG) su discípulo tomo su lugar y trató de aplicar este método a los problemas industriales (ROMERO, y otros, 2007, p. 21).

Definición

Los algoritmos genéticos son:

Algoritmos de búsqueda basados en los mecanismos de selección natural y genética natural. Combinan la supervivencia de los más compatibles entre las estructuras de cadenas, con una estructura de información ya aleatorizada, intercambiada para construir un algoritmo de búsqueda con algunas de las capacidades de innovación de la búsqueda humana (GOLDBERG, 1989, p. 1)

En consecuencia, los algoritmos son instrumentos que simularan los procesos de la naturaleza para resolver problemas que debido a su complejidad no se puede hallar una respuesta que satisfaga al enunciado.

Codificación de problemas

Los valores que pueden tomar un algoritmo son representados por una serie de parámetros estos se codifican en cadenas denominadas cromosomas. Cada parámetro recibe el nombre de genotipo mientras que la solución recibe el nombre de fenotipo.

Genotipos: contiene la información necesaria para la construcción del organismo

Fenotipo: Es la solución del problema y contiene a los genotipos (GESTAL, y otros, 2010, p. 15)

En los primeros modelos desarrollados se usaban solamente se asignaban bits a cada parámetro, pero hay casos en los cuales hay tantas incógnitas que es mejor representarlos con números reales dado que hacerlo con bits implicaría un uso demasiado alto de la memoria del computador.

Bondad del algoritmo

También conocido como aptitud es la capacidad que tiene el algoritmo genético de ajustarse al problema, esta bondad es ingresada por el usuario administrador precisa que tan eficiente es la solución que nos arroja el algoritmo genético.

La bondad es directamente proporcional al tiempo lo que conlleva que una bondad más alta equivale a más tiempo de cálculo, pero aun así siendo inferior a el tiempo empleado por los métodos tradicionales.

Operadores genéticos

Selección

Es la etapa en la cual son escogidos los individuos que serán usados en las siguientes etapas de los algoritmos genéticos, para poder escoger a los individuos

mejor adaptados se usa la función de la bondad que nos muestran los individuos que se adaptan mejor a nuestro problema y tienen mejor posibilidad de tener descendencia que sea mejor para nuestro problema. Existen dos métodos mayormente usados (PONCE Cruz, 2010, p. 291).

Selección por ruleta

Propuesta por DeJon y menciona que en una ruleta a todos los individuos se les asigna una parte que es directamente proporcional a la bondad en los cuales los individuos con una bondad más alta tengan una mayor proporción de la ruleta además que la suma de todas las proporciones sea igual a 1 (GESTAL, y otros, 2010, p. 16).

Este método es simple pero también presenta inconvenientes que son en poblaciones que son muy grandes y las que son muy pequeñas por ejemplo existe la posibilidad que el peor de los AG sea escogido más de 2 veces además si existe una solución que se acerca más a la solución que otro problema este tendrá mayor área en la ruleta lo que conlleva a que sea escogido más de 2 veces y converja en una solución local porque limita la población a un solo tipo de bondad.

Selección por torneo

Este método consiste en:

“Escoger a los individuos genéticos en base a comparaciones directas entre sus genotipos.” (GESTAL, y otros, 2010, p. 19)

Existen 2 formas de realizar esta acción el torneo probabilístico y el torneo determinístico.

Torneo probabilístico: Se escogen 2 individuos al azar y se escoge de ellos al que presente la mayor bondad respecto al problema.

Torneo determinístico: En este método también se escogen 2 individuos y antes de compararlos se genera un número al azar que es comparado con un valor determinado por el administrador (Llamado parámetro) si el número al azar es menor que el parámetro se escoge al individuo más apto de lo contrario se escoge al peor.

Cruce

Es un método de reproducción sexual que se define como el cruzamiento de los genes de los padres para poder obtener una descendencia que tenga una bondad más alta.

También existe la posibilidad de que sea peor, pero eso no es negativo en lo absoluto porque otorga una variedad genética más amplia para poder obtener mejores soluciones de los problemas. Así que en conclusión el cruce es el intercambio de cromosomas de los padres para obtener una descendencia que tenga los cromosomas de ambos padres (PONCE Cruz, 2010, p. 293), se clasifican en:

Cruce de 1 punto

En este caso se escoge un punto de los cromosomas y se intercambia los cromosomas desde ese punto es uno de los métodos más sencillos.

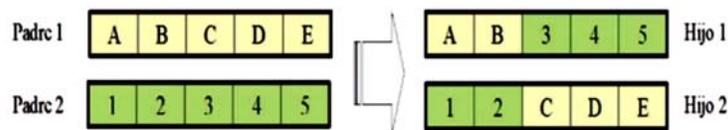


Imagen 1: Cruce en un punto

Cruce de 2 puntos

Este caso es similar al anterior solo que toma 2 puntos en vez de uno, esta técnica es más eficiente con respecto a la anterior.

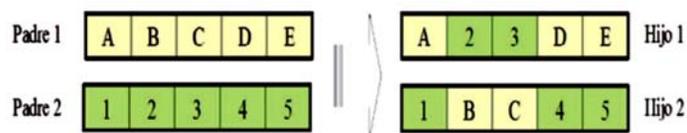


Imagen 2: Cruce de dos puntos

En consecuencia se pueden añadir tantos puntos de cruce como parámetros tenga el cromosoma pero no es lo recomendable dado que se puede corromper al cromosoma porque existe el caso que ciertos bloques de parámetros pueden

contener la información que lo hace más apto para la solución pero al poner puntos de cruce se puede corromperlo y obtener soluciones peores a las deseadas lo que conlleva a un bucle infinito en la cual se puede hallar una solución adecuada pero al haber tantos puntos de cruce se vuelve a perder (GESTAL, y otros, 2010, p. 19).

Cruces específicos de codificaciones no binarias

Se da en el caso que se escogen números reales en vez de valores binarios, esta es la tendencia para los problemas de ingeniería dada la cantidad de incógnitas sería una idea absurda otorgarle valores binarios a cada una de las variables tanto por el costo de tiempo, así como que dificultaría la programación del proyecto.

Elitismo

Es una etapa de los algoritmos genéticos de tipo asexual en esta etapa se garantiza que los individuos mejor adaptados pasen a la siguiente generación de la población evitando así una pérdida innecesaria de posibles resultados este porcentaje que pasa directamente debe ser pequeño por el motivo de que si se presenta un porcentaje alto es posible que se llegue a una convergencia y con eso a una solución local.

Mutación

Es otra etapa de los algoritmos genéticos de tipo asexual es esta etapa lo que se hace es cambiar uno de los valores de los cromosomas al azar este método tiene su fundamento en que algunas veces hay casos que durante la transición de una generación a otra ocurren pequeñas mutaciones, esto otorga variedad genética a la población y evita que concurra en un punto de convergencia.

Evaluación

Se mencionó anteriormente que la adaptabilidad de los algoritmos genéticos se evaluaba con la función de bondad (Fitness en este concepto) pero existen diferentes formas de evaluarla que son las siguientes (GESTAL, y otros, 2010, p. 26):

Fitness Puro $r(i, t)$

Es la precisión del método establecido al inicio de manera automática por el problema.

Fitness Estandarizado $s(i, t)$

El fitness puro a veces presenta problemas de dualidad para evitar esta situación se lo modifica de la siguiente forma:

$$s(i, t) = \begin{cases} r(i, t) & \text{minimización} \\ r_{max} - r(i, t) & \text{maximización} \end{cases}$$

Ecuación 1: Fitness estandarizado

Fitness Ajustado $a(i, t)$

Se obtiene aplicando la siguiente variación al fitness estandarizado:

$$a(i, t) = \frac{1}{1 + s(i, t)}$$

Ecuación 2: Fitness ajustado

Fitness Normalizado $n(i, t)$

El fitness normalizado introduce una nueva perspectiva en la cual la bondad está en relación con las demás soluciones del problema.

$$n(i, t) = \frac{a(i, t)}{\sum_{k=1}^M a(k, t)}$$

Ecuación 3: Fitness normalizado

De estos los más usados por su simplicidad es el fitness normalizado.

1.3.2. Programación de obra – CPM

Definición

Conocido como el método de la ruta crítica o CPM por sus siglas en inglés (Critical Path Method) es un método o;

Sistema dinámico ya que según pasa el tiempo los gerentes actualizan sus estimaciones de tiempo originales dándole a la gerencia información real sobre la administración del proyecto todas y cada una de las actividades componentes de un proyecto que debe desarrollarse dentro de un tiempo crítico y al costo óptimo. (GONZÁLES, y otros, 2013, p. s/n)

Antecedentes

Fue desarrollado por los Estados Unidos por la empresa E.I. DUPON, este método en contemporáneo del método PERT, esta empresa estaba dedicada a la construcción, pero querían mejorar su producción por lo que recurrieron a Remington Rad. Estas dos empresas entonces crearon lo que se conoce como método CPM.

Este método pudo satisfacer al mercado porque daba un enfoque diferente en la administración de la construcción que cuando ya se conoce los rendimientos de todas las partes involucradas por lo que nos otorga una precisión más adecuada cuando se trata de actividades repetitivas, pero presenta la misma restricción que u contemporáneo la cual es que no acepta traslapos (GONZÁLES, y otros, 2013, p. s/n).

Características

Es un proceso que considera que todos los tiempos de los recursos son conocidos por eso recibe el nombre de determinístico.

Se considera que el proyecto es continuo es decir una actividad precede a la otra además en caso de salir de la programación se hace lo posible para volver a la programación habitual asignándoles recursos extras, se puede estimar los costos y beneficio del proyecto en base a los estimados del proyecto.

Diagrama de flechas

Actividad

Son todas las tareas que hay que realizar en un proyecto, es medido en horas laborables además de que se consideran todas aquellas actividades que presentan desgaste de recursos, materiales, mano de obra, etc. Se representa mediante una flecha por cada actividad que hay que realizar en sentido de izquierda a derecha y se dividen en:

Actividades reales: Son aquellas en las cuales para su realización se necesitan recursos, se representa por una línea continua.

Actividades ficticias: Son aquellas que no necesitan recursos, pero son necesarias para la realización de la tarea se forman cuando dos tareas salen del mismo nodo inicial y terminan en el mismo nodo final, se representa por una línea punteada.

Evento

Conocido como nodo, nudo o evento son elementos que indican que una actividad ha finalizado o está por comenzar, todos los eventos tienen un punto de partida, así como de inicio a excepción del nodo inicial y final, están representados por figuras geométricas.

Reglas

- ✚ Cada actividad se representa por solo una flecha y la longitud de esta no está relacionada con la duración de la actividad.
- ✚ El nombre de la actividad tiene que estar escrito sobre la flecha
- ✚ Dos actividades no pueden iniciar y terminar en el mismo nodo o evento, pero si pueden comenzar o terminar juntos siempre y cuando hayan terminado y comenzado en nodos distintos, y si se da este caso se tiene que hallar cual es la ficticia (GONZÁLES, y otros, 2013, p. s/n).

Tiempos en la red

Se divide como se presenta a continuación:

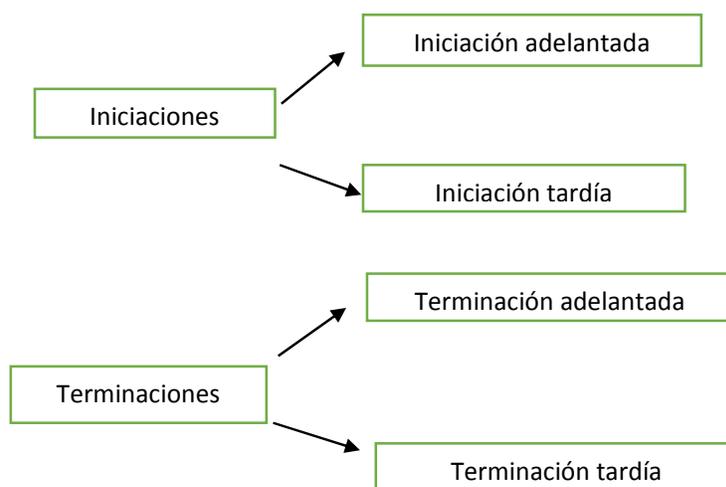


Imagen 3: Clasificación de los tiempos en la red (GESTAL, y otros, 2010, p. s/n)

Iniciación adelantada es la iniciación normal de la actividad.

Terminación tardía es la fecha máxima que puede terminar una actividad sin que esta afecte al proyecto.

Iniciación tardía es la fecha máxima que se puede iniciar sin que este afecte al proyecto.

Terminación adelantada es la terminación normal de la actividad.

Ruta crítica

Es un proceso muy útil en la construcción porque te otorga un enfoque muy diferente a las gráficas de Gantt además puedes evaluar el avance y el costo del proyecto en cualquiera de sus etapas. El diagrama de red de la ruta crítica muestra las actividades que presentan la mayor cantidad de tiempo que en contraste es la menor duración del proyecto.

Una vez determinado la ruta crítica se puede proceder a calcular los diferentes tipos de holgura que ayudaran con la programación de la obra.

Cuadro de cálculo

Holgura total

Es el tiempo disponible que se puede atrasar una actividad sin que esta afecte la fecha de finalización del proyecto.

Holgura libre

Es tiempo que se puede retrasar una actividad sin que esta afecte la fecha de inicio de la actividad que esta sub siguiente a esta.

Holgura de interferencia

Es el tiempo que se puede retrasar un proyecto sin que esto afecte la fecha de finalización de la anterior ni la fecha de inicio de la siguiente.

Recursos

Asignación de recursos

Se calcula en base a los requerimientos necesarios para realizar una actividad y tiene muchas formas de medirse, además también se considera el rendimiento de

la persona que va a realizar el trabajo y las pequeñas pero importantes variaciones que pueda tener en cada una de sus actividades.

Distribución de recursos

La distribución de los recursos se hará dependiendo de las actividades que estén programadas para ese día además de considerar los pequeños contratiempos que pueda tener un proyecto, entonces se creará un cuadro de asignación de recursos como el siguiente.

RECURSOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1
											0	1	2	3	4
2	2	2	2	2	2	2									
3					3	3	3	3	3	3					
1										1	1	1	1	1	1
Distribución	2	2	2	2	5	5	3	3	3	4	4	1	1	1	1

Fuente: SÁNCHEZ Henao, Julio César. Manual de programación y control de programas de obras

Imagen 4: Distribución de recursos

Nivelación e histograma de recursos

Dado que la asignación puede no ser eficiente entonces se procesa a realizar un reajuste de la programación aprovechando las holguras que nos otorga una menor utilización de recursos y por ende una mayor optimización.

Para observar si nuestra reasignación es la adecuada se calcula la suma de cuadrados de la distribución anterior y de la nueva y se compara, tanteando una distribución aprovechando las holguras se puede obtener el siguiente recuadro.

RECURSOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	Suma de cuadrados
											0	1	2	3	4	
2	2	2	2	2	2	2										↓
3						3	3	3	3	3	3					
1										1	1	1	1	1	1	
1 D	2	2	2	2	5	5	3	3	3	4	4	1	1	1	1	
2 D	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	102

Imagen 5: Nivelación de recursos

Fuente: SÁNCHEZ Henao, Julio César. Manual de programación y control de programas de obras

Se observa que la distribución es la adecuada dada que la suma de cuadrados es menor al caso anterior y para poder obtener la gráfica de los gastos de recursos se realiza el histograma debajo de este que se mostrara a continuación.

RECURSOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	
											0	1	2	3	4	
2	2	2	2	2	2											Suma de
3						3	3	3	3	3						cuadrados
1										1	1	1	1	1	1	↓
1 D	2	2	2	2	5	5	3	3	3	4	4	1	1	1	1	114
2 D	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	102
4																
3																
2																
1																

Imagen 6: Histograma de recursos

Fuente: SÁNCHEZ Henao, Julio César. Manual de programación y control de programas de obras

Costos

Costos directos

Son aquellos costos que se derivan directamente de la realización del proyecto como maquinaria, jornales es decir son gastos determinados, se dividen en:

CD preliminar, son los gastos necesarios para la realización de un subproducto como puede ser una sub etapa del movimiento de tierras.

CD final, son los gastos necesarios para la realización de la etapa en otras palabras es la sumatoria de los costos directos preliminares.

Costos indirectos

Son los gastos que no están relacionados directamente con el proyecto como son los gastos administrativos, legales, etc., se clasifican en:

CI de operación, son todos aquellos gastos que se pueden aplicar a todos los conceptos de obra como honorarios, servicio, utilidades, etc.

CI de obra, son los costos necesarios para el correcto funcionamiento del proyecto como el residente, director, vigilancia, etc.

Costos totales

Es la suma de todos los gastos directos e indirectos además la duración del proyecto es directamente proporcional al costo directo e inversamente al costo indirecto. Esto se explica en la siguiente gráfica.

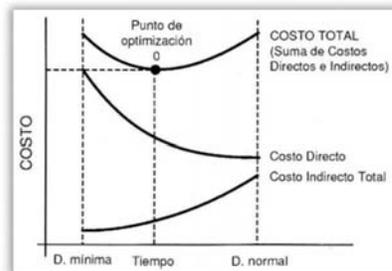


Imagen 7: Gráfica Costo - Tiempo²

También hay que mencionar que existen los costos normales y límites los cuales se diferencian en que en el primero se calcula el tiempo y costo normal y en el segundo se aplica métodos de compresión para reducir el tiempo, esta parte es necesaria para hallar la pendiente de costos.

Pendiente de costo

Es la relación entre el incremento del costo y la compresión del tiempo al tener pendiente negativa se considera como valor absoluto.

Y se calcula con la siguiente ecuación (SÁNCHEZ Henao, 1997, p. 108):

$$P = \frac{\text{Costo Límite} - \text{Costo Normal}}{\text{Tiempo Límite} - \text{Tiempo Normal}} = \frac{CL - CN}{TL - TN}$$

Ecuación 4: Pendiente de costo

Proyectos

Definición

Un proyecto puede ser definido de diferentes formas, pero en este caso tomaremos la definición del PMBOK que es la siguiente:

“Un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” (PMI, 2010, p. 1)

² Gráfico anónimo obtenido sin referencia que para los efectos aclaratorios resulta válido.

De este concepto se deriva que un proyecto es todo proceso necesario para la realización de cualquier actividad que está limitada en el tiempo, así como en recursos y mano de obra.

Etapas

- ✚ Determinar el proyecto
- ✚ Determinar las actividades
- ✚ Determinar las secuencias de las actividades
- ✚ Dibujar la red
- ✚ Determinar los tiempos de las actividades y la ruta crítica
- ✚ La distribución y la nivelación de los recursos
- ✚ Realizar los costos y presupuestos
- ✚ Programar el proyecto al costo mínimo
- ✚ Realizar la programación definitiva
- ✚ Ejecución del proyecto
- ✚ Control

Control

Es una parte importante de los proyectos porque permite la obtención de información además de la verificación del avance del proyecto otorgando información cualitativa.

Este proyecto de investigación se enfocará en un control de tipo económico en el cual se efectuará el balance de pagos de acuerdo a la programación generada por el sistema propuesto en esta investigación.

1.3.3. Proyecto de carreteras

En este capítulo no se definirá conceptos relacionados a los proyectos de carreteras por no estar relacionados directamente al proyecto de investigación y solo se mencionarán las partidas mínimas y complementarias a criterio del autor que se necesitan en un proyecto de carreteras por ser necesarias para la realización de este trabajo.

Se deja a voluntad del lector buscar las definiciones de las palabras que sean ajenas a ellos.

Partidas mínimas

- Transporte de materiales granulares
- Trabajos preliminares
- Movimiento de tierra
- Sub bases y bases
- Pavimentos (PERÚ, 2012, p. 4, 5)

Partidas complementarias

- Obras de arte y drenaje
- Interferencias
- Protección ambiental
- Arqueología (PERÚ, 2012, p. 6-8)

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema general

¿Qué efecto tendrá el uso de los algoritmos genéticos en la programación de un proyecto de carreteras en relación a los costos totales, tiempo de inicio y fin de cada una de sus actividades?

1.4.2. Problemas específicos

- ✚ ¿El uso de los algoritmos genéticos genera un costo menor en el proyecto en relación a la programación por los métodos tradicionales?
- ✚ ¿El uso de los algoritmos genéticos reduce el tiempo necesario para la programación de obra?
- ✚ ¿El uso de los algoritmos genéticos podrá determinar el costo, duración, fecha de inicio y fin de cada partida en el proyecto?

1.5. Justificación del problema

Bravo (2010) menciona que el desarrollo de la infraestructura, especialmente la vial, es la que puede unificar al Perú en aquellas regiones que presentan una gran indiferencia del gobierno por el difícil acceso a ellas lo que conlleva a un estado de abandono económico y social al no poder tener acceso a los centros de demanda.

Asimismo, el gobierno mediante el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) consciente de esta necesidad para el desarrollo económico y social del país da una mayor jerarquía a los proyectos viales lo que conlleva a una mayor inversión, tal inversión hasta el mes de abril del 2016 llego a la cantidad de 7, 387 millones de soles (PERÚ, 2016, p. s/n) con una proyección de 29, 548 millones de soles que es 32.73% mayor que el año 2015 y 59.79 que el año 2014 (PERÚ, 2016, p. s/n).

Después de los datos mencionados anteriormente que la investigación tomó en cuenta para el planteamiento del problema, se presentará un método de solución para una etapa en el desarrollo de los proyectos viales (La programación del proyecto), además de ser fuente de partida para las demás investigaciones en esta rama de la ingeniería civil en nuestro país.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

El uso del algoritmo propuesto reducirá el tiempo necesario para la programación de un proyecto vial optimizando los costos totales.

1.6.2. Hipótesis nula

El uso del algoritmo propuesto no reducirá el tiempo necesario para la programación de un proyecto vial optimizando los costos totales.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Determinar si el uso del algoritmo genético propuesto reducirá el tiempo necesario para la programación de un proyecto vial optimizando los costos totales.

1.7.2. Objetivos específicos

- Demostrar que el uso de los algoritmos genéticos genera un costo menor en el proyecto en relación a la programación por los métodos tradicionales.
- Demostrar que el uso de los algoritmos genéticos reduce el tiempo necesario para la programación de obra.

- Determinar el costo, duración, fecha de inicio y fin de cada partida en el proyecto.
- Diseñar un software capaz de realizar las actividades mencionadas en el párrafo anterior.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

El enfoque de la investigación será definido como cuantitativo experimental transversal, de alcance o tipo correlacional.

2.2. Variables, operacionalización

2.2.1. Variables

Algoritmo genético: Método propuesto para la solución de la programación de obra, simula los procesos de la naturaleza para poder obtener una solución adecuada al problema de la programación.

Programación de obra: Parte del expediente técnico en cual se observa las partidas a realizarse y el tiempo que toma cada una de ellas. Además, también se muestra el avance de la obra en relación al tiempo.

Proyecto vial: Proyecto de infra estructura que tiene por finalidad unir dos o más centros poblados por medio de la construcción de carreteras.

2.2.2. Operacionalización

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS
Algoritmos genéticos	“Algoritmos de búsqueda basados en los mecanismos de selección natural y genética natural”.	Método propuesto para la solución de la programación de obra, simula los procesos de la naturaleza para poder obtener una solución adecuada al problema de la programación.	Simulación de procesos	Adaptabilidad	Comparación de datos cuantificables
Programación de obra	“Sistema dinámico ya que según pasa el tiempo los gerentes actualizan sus estimaciones de tiempo originales dándole a la gerencia información real sobre la administración del proyecto”	Parte del expediente técnico en cual se observa las partidas a realizarse y el tiempo que toma cada una de ellas. Además también se muestra el avance de la obra en relación al tiempo.	Programación	Tiempo	Tiempo invertido en el cálculo
			Control	Costo total	Costo directo
					Costo indirecto

Tabla 1: Operacionalización de variables

Fuente: Elaboración propia

2.3. Población y muestra

Población

Todos los proyectos viales del país que tengan un contrato con el gobierno del Perú para la construcción de carreteras de pavimento flexible.

Muestra

La muestra es no probabilística en el cual se escogerán dos proyectos viales que tenga un contrato con el gobierno del Perú para la construcción de carreteras de pavimento flexible.

En este caso se seleccionaron el proyecto “Rehabilitación de pistas, áreas verdes, bermas laterales y veredas de la Av. Santa Rosa, carretera central – Av. separadora industrial, zona 01 distrito de Ate, Lima – Lima” y “Construcción de veredas y pavimentación de la avenida Camino Real, del C.P. San Isidro, Distrito Imperial – Cañete – Lima” SNIP 77590

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

La de recolección de datos será mediante la técnica del Análisis de contenido cuantitativo en el cual los ítems que se analizarán se extraerán del marco teórico y de los trabajos previos.

En este trabajo se aplicará la validez de criterio porque se contrastará los criterios seleccionados de la muestra con el obtenido en este trabajo de investigación y la validez de constructo porque se cotejará con los resultados de los trabajos anteriores.

El instrumento utilizado para implementar los algoritmos genéticos en el cual se analizarán los datos, es el sistema de Microsoft Excel dado, primero su estabilidad; segundo, su fácil acceso al usuario dado que en la mayoría de los casos viene incluido con el sistema Windows 10 y finalmente su fácil interacción con el usuario haciendo más agradable el poder trabajar con el.

El análisis de la validez y confiabilidad se realizó al ingresar de los datos obtenidos con el instrumento al SPSS en cual está al 95% de confianza y error 5% máximo aceptable.

2.5. Métodos de análisis de datos

Para analizar el proyecto escogido como muestra se seguirán los siguientes pasos en el archivo Excel que realizará el cálculo mediante algoritmos genéticos.

1. Recolectar los datos de los medrados, insumos y PU originales
2. Extraer los rendimientos de materiales, herramientas y equipo de la fecha en la que se originó el proyecto.
3. Generar el cuadro de costo total para verificar las variaciones de nuestro presupuesto al presentado
4. Ubicar los precedentes del proyecto original el cual se extrajo del diagrama Gantt
5. Agregar el costo indirecto y los gastos asociados a este como el impuesto a Sencico.
6. Se creó el panel de control desde el cual se trabajarán todos los datos necesarios para la ejecución de los algoritmos genéticos.
7. Se diseñó un cuadro resumen en el cual se analizarán los datos como duración de actividad, inicio adelantado, inicio tardío, terminación adelantada, terminación tardía, holgura, los recursos asignados entre otros.
8. Se generaron los individuos de la población que comenzarán el proceso de adaptación para poder obtener el mejor resultado en relación al costo y tiempo del proyecto.
9. Una vez terminado de analizar los individuos se aplicó el análisis de datos no paramétricos de Wilcoxon.

Para una descripción más detallada del proceso dirigirse a anexos en el capítulo Estudio de Caso

2.6. Aspectos éticos

El proyecto está en concordancia con los aspectos éticos pues no infringe ninguna norma estipulada en el reglamento del colegio de ingenieros del Perú, ni la constitución política, además se consideró que los resultados de la investigación serán beneficios para el desarrollo económico y social del país.

III. RESULTADOS

Después de probar diferentes combinaciones con los algoritmos genéticos se optó por la combinación de 20 padres iniciales, con 20 generaciones y 40 hijos por generación que otorga un enfoque rico en ahorro de tiempo y eficiente en la adaptación del problema propuesto.

El tiempo total de análisis fue de 10-15 minutos por cada ensayo, se realizó 5 ensayos dado que se realizó varias pruebas y en la mayoría de casos los valores tienden a converger después de promediar 5 individuos.

Para más detalle de los 5 individuos seleccionados para la prueba, se encuentran en anexos en el capítulo de Ensayos realizados con los algoritmos genéticos.

Después de haber ingresado los datos y corrido el programa se obtuvo los siguientes resultados para los siguientes modelos:

- El estudio de caso(Estándar)
- DPI – Algoritmos genéticos sin control de tiempo(ST)
- DPI – Algoritmos genéticos con control de tiempo(CT)

CASO I

	Tiempo(s)	Control cuadrático	Costo(S/)
ST	162	1,0249E+11	3520261,57
CT	42	4,2231E+11	2898361,80
Estándar	344	9,7867E+10	4463476,22

Imagen 8: Tiempo Vs Control Cuadrático Vs Costo Caso I

Duración total del proyecto: 162 días – 6 meses (26 días)

Control cuadrático del proyecto: 1,0249E+11 que es mucho menor que el obtenido al promediar los 3 resultados anteriores de la muestra lo que quiere decir que el método escogido es el adecuado. (El costo cuadrático es referencial dado que presenta una fórmula para poder optimizar los recursos considerando la tecnología invertida en una partida)

Costo del proyecto: El costo del proyecto es 3520261,57 que es menor que el establecido en el proyecto tipo caso con un valor de 4463476,22 que lo vuelve un individuo aceptable para la solución del problema.

ANÁLISIS DE DATOS NO PARAMÉTRICOS

Se realizó cinco ensayos en cual se muestra el costo base del proyecto con el código CT su tiempo, y su control cuadrático que representa el costo de la tecnología utilizada además de los resultados de los ensayos, para poder realizar la prueba de Wilcoxon, los datos obtenidos fueron los siguientes:

ENSAYO	TIEMPO(s)	COSTO(CONTROL)
CT	344	9,7867E+10
1	163	1,16287E+11
2	160	1,18592E+11
3	174	1,19281E+11
4	167	1,13222E+11
5	157	1,16648E+11

Tabla 2: Resumen de resultados Caso I

Fuente: >Excel – Elaboración propia

CONTRASTE DE HIPÓTESIS

Costo del proyecto

Estadísticos de prueba^a

	POSTCOSTO - PRECOSTO
Z	-2,023 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,043

Fuente: >SPSS

Tabla 3: Estadística de Wilcoxon - Costo - Caso I

El resultado de la prueba de Wilcoxon al ser menor que 0,05 rechaza la hipótesis nula, esto quiere decir que la aplicación de los algoritmos genéticos sobre la muestra Caso I optimiza los costos totales del proyecto, con un 95% de confianza.

Tiempo del proyecto

Estadísticos de prueba^a

	postv - prev
Z	-2,023 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,043

Tabla 4: Estadística de Wilcoxon - Tiempo - Caso I

Fuente: >SPSS

El resultado de la prueba de Wilcoxon al ser menor que 0,05 rechaza la hipótesis nula, esto quiere decir que la aplicación de los algoritmos genéticos sobre la muestra Caso I optimiza los tiempos del proyecto del proyecto, con un 95% de confianza.

EXPORTAR A MsPROJECT

En las siguientes graficas de Ms Project se muestra la ruta crítica exportada desde el Excel en el cual se dejó no se rellenó los espacios que generaron errores durante la exportación de los datos para poder mostrar que todavía este sistema presenta errores mínimos y además se muestra de color rojo la ruta crítica que pasa por partidas importantes como la construcción del pavimento flexible que es la idea principal por la que se originó este proyecto, así mismo incluye otra partida fundamental que es la construcción de veredas como el que se muestra en la gráfica siguiente:

CASO II

	Tiempo(s)	Control cuadrático	Costo(S/)
ST	43	4,24E+08	123866,54
Estándar	769	3,51E+08	4463476,22

Imagen 9: Tiempo Vs Control Cuadrático Vs Costo Caso II

Duración total del proyecto: 43 días – 1,8 meses (26 días)

Control cuadrático del proyecto: 4,24E+08 que es mucho menor que el obtenido al promediar los 3 resultados anteriores de la muestra lo que quiere decir que el método escogido es el adecuado. (El costo cuadrático es referencial dado que presenta una fórmula para poder optimizar los recursos considerando la tecnología invertida en una partida)

Costo del proyecto: El costo del proyecto es 123866,54 que es menor que el establecido en el proyecto tipo caso con un valor de 4463476,22 que lo vuelve un individuo aceptable para la solución del problema.

ANÁLISIS DE DATOS NO PARAMÉTRICOS

Se realizó cinco ensayos en cual se muestra el costo base del proyecto con el código CT su tiempo, y su control cuadrático que representa el costo de la tecnología utilizada además de los resultados de los ensayos, para poder realizar la prueba de Wilcoxon, los datos obtenidos fueron los siguientes:

ENSAYO	TIEMPO(s)	COSTO(CONTROL)
CT	769	9,7867E+10
1	47	4,17E+08
2	39	3,75E+08
3	43	3,46E+08
4	45	3,77E+08
5	39	6,03E+08

Tabla 5: Resumen de resultados Caso II

Fuente: >Excel – Elaboración propia

CONTRASTE DE HIPÓTESIS

Costo del proyecto

Estadísticos de prueba ^a	
	POSTCOSTO - PRECOSTO
Z	-2,023 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,043

Tabla 6: Estadística de Wilcoxon - Costo - Caso II

Fuente: >SPSS

El resultado de la prueba de Wilcoxon al ser menor que 0,05 rechaza la hipótesis nula, esto quiere decir que la aplicación de los algoritmos genéticos sobre la muestra Caso II optimiza los costos totales del proyecto con un 95% de confianza.

Tiempo del proyecto

Estadísticos de prueba ^a	
	postv - prev
Z	-2,032 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,042

Tabla 7: Estadística de Wilcoxon - Tiempo - Caso II

Fuente: >SPSS

El resultado de la prueba de Wilcoxon al ser menor que 0,05 rechaza la hipótesis nula, esto quiere decir que la aplicación de los algoritmos genéticos sobre la muestra Caso II optimiza los tiempos del proyecto del proyecto con un 95% de confianza.

EXPORTAR A MsPROJECT

En las siguientes graficas de Ms Project se muestra la ruta crítica exportada desde el Excel en el cual se dejó no se rellenó los espacios que generaron errores durante la exportación de los datos para poder mostrar que todavía este sistema presenta errores mínimos y además se muestra de color rojo la ruta crítica que pasa por partidas importantes como la construcción del pavimento flexible que es la idea principal por la que se originó este proyecto, así mismo incluye otra partida fundamental que es la construcción de veredas como el que se muestra en la gráfica siguiente:

IV. DISCUSIÓN

- Con respecto a las investigaciones presentadas en los antecedentes, se concuerda con ellos en lo que respecta que los algoritmos genéticos son una gran herramienta para la optimización en las diferentes áreas de la ingeniería civil (Ellos lo aplicaron a la optimización de las partidas de un edificio y de la construcción de un parque).
- Se concuerda que se puede incluir los traslajos, pero los motivos por los que no se incluyó en la investigación difieren en la de ellos (cantidad a traslapar), dado que esta tesis incluía actividades predecesoras, paralelas al ingresar el traslajo se hacía muy exigente para la computadora y generaba muchos errores a la hora de procesar la información por lo que se retiró esta opción.
- Desde la perspectiva de esta investigación no se hace muy eficiente limitar el espacio de búsqueda (trabajos predecesores) dado que, si bien se limita el campo trabajo de los algoritmos genéticos, también genera una mayor inversión de tiempo y conocimientos por parte de la persona encargada de realizar la programación del proyecto el cual usará este software para invertir la menor cantidad de ambos.

V. CONCLUSIONES

1. Se concluye que la utilización de los algoritmos genéticos aplicado a la elaboración de expedientes técnicos de proyectos viales disminuye el tiempo requerido para la programación de las partidas e inclusive distribuye los recursos optimizando el costo total del proyecto.
2. Se demostró mediante el método de análisis no paramétrico de Wilcoxon que se reduce de forma significativa los costos totales de programar el proyecto considerando la óptima distribución de recursos.
3. Se demuestra que los algoritmos genéticos responden de forma adecuada a los problemas propuestos, pues el tiempo empleado para procesar la información entregada dando un tiempo entre 10 – 15 minutos por análisis de datos considerando que este proceso puede tomar hasta una semana sin considerar la optimización de los recursos.
4. Se determinó que el cálculo del costo, duración, fecha de inicio y fin de cada partida mediante los algoritmos genéticos son una alternativa viable para la programación y control de los proyectos viales.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda, si la persona encargada de utilizar este sistema, u otro que simplemente está investigando temas relacionados a los algoritmos genéticos informarse un poco antes de manejar el sistema porque puede dañarlo, para evitar esto basta con leer la información presentada en este trabajo de grado.
2. Se recomienda una investigación más profunda sobre los algoritmos genéticos para su aplicación en otras áreas de la ingeniería civil dado su alta capacidad de adaptarse a los diferentes tipos problemas que se le asignen.
3. A pesar de que se agregó los insumos para el cálculo del costo total sería interesante que se pudieran exportar a Microsoft Project junto con las correcciones generadas en el rendimiento, cuadrilla y cantidad ocasionadas por las variaciones en la duración de los días.
4. Sería bueno que desarrollen un sistema que pueda usar más opciones de los algoritmos genéticos pero basados en otro sistema como el visual basic.net dado que es un sistema más eficiente.
5. Este trabajo no se encuentra perfeccionado dado que es la primera vez que se realiza este tipo investigación en nuestra universidad y probablemente en el país, y la poca información de proyectos similares proviene del extranjero por lo que se encontrarán errores en la programación, se recomienda tomar este trabajo como un pionero en su área y por lo tanto sobrellevar los bugs que presente el sistema, tratar de solucionarlo y mejorar el sistema en futuras investigaciones.

VII. REFERENCIAS

- BOGUS, Susan M., MOLENAAR, Keith R. y DIEKMANN, James E. 2005.** *Concurrent Engineering Approach to Reducing Design Delivery Time*. USA : ASCE, 2005. ASCE-0733-9364.
- BRAVO Orellana, Sergio Rafael. 2010.** *El desarrollo vial mediante el Proyecto Perú, una visión de integración del país*. [En línea] 2010. [Citado el: 7 de abril de 2016.]
<http://www.esan.edu.pe/conexion/bloggers/reflexiones-economicas-y-financieras/2010/11/el-desarrollo-vial-mediante-el-proyecto-peru-una-vision-de-integracion-del-pais/>.
- CALDERÓN Saffon, Andrés. 2005.** *Programación de proyectos de construcción de edificaciones mediante un algoritmo genético*. Bogotá : Pontificia Universidad Javeriana, 2005.
- CENGIZ Toklu, Y. 2014.** Application of genetic algorithms to construction scheduling with or without resource constraints. *researchgate.net*. [En línea] Canada Journal of civil engineering, 19 de 10 de 2014. [Citado el: 2016 de 11 de 26.]
https://www.researchgate.net/publication/237188743_Application_of_genetic_algorithms_to_construction_scheduling_with_or_without_resource_constraints?enrichId=rgreq-e11861d91461f09c2363040078eaefca-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzIzNzE4ODc0MztBUzoxNTM5NTA1N. DOI: 10.1139/L02-034.
- CHAN, W. T., FWA, T. F. y TAN, C.** Road-Maintenance Planning Using Genetic Algorithms. I: Formulation. *Journal of Computing in Civil Engineering*. [En línea] [Citado el: 7 de abril de 2016.]
[http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(1994\)120:5\(693\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(1994)120:5(693)). ISSN 1943-5436.
- COELLO Coello, Carlos A., LAMONT, Gary B. y VAN Veldhuizen, David A. 2007.** *Genetic and evolutionary computation*. New York : Springer Science+Business Media, LLC, 2007. ISBN 978-0-387-33254-3.
- DEB, Kalyanmov. 2011.** *Multi-Objective Optimization Using Evolutionary Algorithms: An Introduction*. Kanpur : Department of Mechanical Engineering, Indian Institute of Technology Kanpur, India, 2011. KanGAL Report Number 2011003.
- DIANA, S, GANAPATHY, L y PUNDIR, Ashok K. 2013.** An Improved Genetic Algorithm for Resource Constrained Project Scheduling Problem. Mumbai, India : International Journal of Computer Applications, 2013. Vol. 78, 9. 0975 – 8887.
- FENG, Chung-Wei, LIU, Liang y BURNS, Scott A.** Using Genetic Algorithms to Solve Construction Time-Cost Trade-Off Problems. *Journal of Computing in Civil Engineering*. [En línea] [Citado el: 7 de abril de 2016.] [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(1997\)11:3\(184\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(1997)11:3(184)). ISSN 1943-5487.

- GESTAL, Marcos, y otros. 2010.** *Introducción a los algoritmos genéticos y la programación genética*. España : Universidade da Coruña, 2010. ISBN 978-84-9749-422-9.
- GOLDBERG, D. 1989.** *Genetics Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. Addison Wesley. 1989.
- GONZÁLES, Derby, MIESES Feliz, Angel Felipe y DE LEÓN Duran, Stiven. 2013.** *CPM - PERT Metodo del camino critico*. República Dominicana : INTEC, 2013.
- HEGAZY, Tarek y PETZOLD, Kevin. 2003.** *Genetic Optimization for Dynamic Project Control*. USA : ASCE, 2003. ASCE-0733-9364.
- HEGAZY, Tarek, y otros. 2000.** *ALGORITHM FOR SCHEDULING WITH MULTISKILLED CONSTRAINED RESOURCES*. USA : Journal of Construction Engineering and Management, 2000. ASCE-0733-9364.
- JARQUÍN Laguna, Rodrigo. 2014.** *Aplicación de algoritmos genéticos en la ingeniería civil*. México : Universidad Autónoma de México, 2014.
- OSSA Calderón, Jairo Andrés. 2005.** *Uso de algoritmos genéticos para facilitar el manejo de las variables y su relacion con el valor presente neto, en la construcción de un parque urbano*. Bogotá : Pontificia Universidad Javeriana, 2005.
- PERÚ, Ministerio de economía y finanzas (MEF). 2016.** *Módulo de estadísticas y reportes*. [En línea] 2016. [Citado el: 7 de abril de 2016.] <http://ofi5.mef.gob.pe/wp/reporte/InvViableFuncion.aspx>.
- . **2016.** *Módulo de estadísticas y reportes*. [En línea] 2016. [Citado el: 7 de abril de 2016.] <http://ofi5.mef.gob.pe/wp/reporte/resumen.aspx>.
- PERÚ, Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC). 2012.** *GLOSARIO DE PARTIDAS APLICABLE A OBRAS DE REHABILITACION MEJORAMIENTO Y CONSTRUCCION DE CARRETERAS Y PUENTES*. Lima : MTC, 2012.
- PMI. 2010.** *PMO. Definiciones de Proyectos según Prince2 vs PMBoK*. [En línea] 29 de diciembre de 2010. [Citado el: 8 de junio de 2016.] <http://spanishpmo.com/index.php/definiciones-de-proyectos-segun-prince2-vs-pmibok/>.
- PONCE Cruz, Pedro. 2010.** *Inteligencia artificial con aplicaciones a la ingeniería*. México : Alfaomega, 2010. ISBN 978-607-7854-83-8.

ROMERO, Juan Jesús, y otros. 2007. *Inteligencia artificial y computación avanzada*. España : Fundación Alfredo Brañas, 2007. ISBN 84-934497-0-9.

SÁNCHEZ Henao, Julio César. 1997. *Manual de programación y control de programas de obras*. Medellín : Departamento de construcción y recursos técnicos para la edificación, 1997.

VARGAS, Fredy. 2016. Gestión. *Infraestructura en el Perú: la base del desarrollo a largo plazo*. [En línea] 02 de 03 de 2016. [Citado el: 04 de 07 de 2016.]
<http://gestion.pe/economia/infraestructura-peru-base-desarrollo-largo-plazo-2155608>.

WHITLEY, Darrell. *Genetic algorithms and evolutionary computing*. Colorado, Usa : Computer science department Colorado State University. CO 80523.

ANEXOS

Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES		TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA		
<p>Problema principal ¿Qué efecto tendrá el uso de los algoritmos genéticos en la programación de un proyecto de carreteras en relación a los costos totales, tiempo de inicio y fin de cada una de sus actividades?</p> <p>Problemas específicos ¿El uso de los algoritmos genéticos genera un costo menor en el proyecto en relación a la programación por los métodos tradicionales? ¿El uso de los algoritmos genéticos reduce el tiempo necesario para la programación de obra? ¿El uso de los algoritmos genéticos podrá determinar el costo, duración, fecha de inicio y fin de cada partida en el proyecto?</p>	<p>Objetivo general Determinar si el uso del algoritmo genético propuesto reducirá el tiempo necesario para la programación de un proyecto vial optimizando los costos totales.</p> <p>Objetivos específicos *Demostrar que el uso de los algoritmos genéticos genera un costo menor del proyecto en relación a la programación por los métodos tradicionales. *Demostrar que el uso de los algoritmos genéticos reduce el tiempo necesario para la programación de obra. *Profundizar los conocimientos relacionados a los algoritmos genéticos en todas las personas y empresas relacionadas al sector construcción de carreteras. *Determinar el costo, duración, fecha de inicio y fin de cada partida en el proyecto. *Diseñar un software capaz de realizar las actividades mencionadas en el párrafo anterior.</p>	<p>Hipótesis general El uso del algoritmo propuesto reducirá el tiempo necesario para la programación de un proyecto vial optimizando los costos totales.</p> <p>Hipótesis nula El uso del algoritmo propuesto no reducirá el tiempo necesario para la programación de un proyecto vial optimizando los costos totales.</p>	V1: Algoritmos genéticos		<p>Tipo: Correlacional</p> <p>Diseño: El enfoque de la investigación será definido como cuantitativo experimental transversal,</p>	<p>Población: Todos los proyectos viales del país que tengan un contrato con el estado para la construcción de carreteras de pavimento flexible.</p> <p>Muestra: La muestra es no probabilística de tipo caso en el cual se escogerá un proyecto vial que tenga un contrato con el estado para la construcción de pavimento flexible.</p>		
			Dimensión	Indicadores			Simulación de procesos	Adaptabilidad
			V2: Programación de obra					
			Dimensión	Indicadores			Programación	Tiempo
		Control	Costo					

Tabla 8: Matriz de consistencia

Fuente: >Elaboración propia

ESTUDIO DE CASO I

En nombre del proyecto es “Rehabilitación de pistas, áreas verdes, bermas laterales y veredas de la Av. Santa Rosa, carretera central – Av. separadora industrial, zona 01 distrito de Ate, Lima – Lima”.

El expediente fue obtenido del SNIP con código 252627.

En el cual se establecieron los siguientes objetivos:

- Mejorar la Infraestructura vial de la zona.
- Mejorar la calidad de vida de la población beneficiaria.
- Facilitar el tránsito vehicular y peatonal del lugar.
- Mejorar el casco urbano de la Ciudad.

Este es el procedimiento para la programación del proyecto vías con los datos entregados por el proyectista para la realización de la programación de obra.

1. Metrados

CÓDIGO	ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO
	01.00	OBRAS PROVISIONALES		
1	01.01	INSTALACIONES PROVISIONALES	Glb	1.00
2	01.02	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO	Glb	1.00
3	01.03	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	38,674.20
4	01.04	TRAZO Y REPLANTEO PARA OBRAS URBANAS	km	1.26
5	01.05	MANTENIMIENTO DE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL	Glb	1.00
6	01.06	CARTEL DE OBRA	Und	2.00
	02.00	DEMOLICIONES		
7	02.01	DESMONTAJE DE KIOSKO	Und	5.00
8	02.02	DEMOLICIÓN DE SARDINEL PERALTADO	ml	2,796.12
9	02.03	DEMOLICIÓN DE SARDINEL SUMERGIDO	ml	440.53
10	02.04	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO E=0.05 M	m2	5,401.59
11	02.05	DEMOLICIÓN DE ESTACIONAMIENTOS DE CONCRETO	m2	3,761.03
12	02.06	DEMOLICIÓN DE MURO DE CONCRETO	m2	21.02
13	02.07	DEMOLICIÓN DE VEREDA DE CONCRETO	m2	3,556.13
14	02.08	DEMOLICIÓN DE RAMPA	m2	25.40
	03.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
15	03.01	EXCAVACIÓN PARA SARDINEL	m3	186.20
16	03.02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	9,175.31
	04.00	PAVIMENTOS		
	04.01	PAVIMENTO FLEXIBLE		
17	04.01.01	CORTE A NIVEL DE SUB RASANTE C/EQUIPO	m2	5,946.47
18	04.01.02	CONFORMACIÓN PERFILADO Y COMPACTADO DE LA SUB RAS. C/EQUIPO	m2	5,946.47
19	04.01.03	SUB-BASE GRANULAR e = 0.15 m	m2	5,946.47
20	04.01.04	BASE GRANULAR e = 0.20 m	m2	5,946.47
21	04.01.05	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	m2	5,946.47
22	04.01.06	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 3"	m2	5,946.47

23	04.01.07	RIEGO DE LIGA	m2	5,946.47
	04.02	REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO		
24	04.02.02	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 2"	m2	12,954.56
25	04.02.03	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 3"	m2	307.93
	04.03	PAVIMENTO FLEXIBLE EN ESTACIONAMIENTO		
26	04.03.01	CORTE A NIVEL DE SUB RASANTE C/EQUIPO	m2	4,257.48
27	04.03.02	CONFORMACIÓN PERFILADO Y COMPACTADO DE LA SUB RAS. C/EQUIPO	m2	4,257.48
28	04.03.03	BASE GRANULAR e = 0.20 m	m2	4,257.48
29	04.03.04	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	m2	4,257.48
30	04.03.05	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 2"	m2	4,257.48
	04.04	PARCHADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE (BACHEO)		
31	04.04.01	CORTE DE PAVIMENTO	m2	359.17
32	04.04.02	EXCAVACIÓN MANUAL	m3	89.79
33	04.04.03	CONFORMACIÓN PERFILADO Y COMPACTADO MANUAL	m2	359.17
34	04.04.04	BASE GRANULAR e = 0.20 m	m2	359.17
35	04.04.05	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	m2	359.17
36	04.04.06	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 2"	m2	359.17
	04.05	VEREDA DE CONCRETO		
37	04.05.01	EXCAVACIÓN MANUAL A NIVEL DE SUB RASANTE PARA VEREDAS	m3	277.70
38	04.05.02	CONFORMACIÓN, PERFILADO Y COMPACTADO DE LA SUB RAS. C/ EQUIPO	m2	2,776.96
39	04.05.03	BASE GRANULAR PARA VEREDAS E=0.10M	m2	2,776.96
40	04.05.04	CONCRETO DE Fc=175 kg/cm2 E=0.10M	m2	2,776.96
41	04.05.05	SARDINEL DE VEREDA ,INCLUYENDO ENCOFRADO	m	1,677.22
	04.06	CONSTRUCCIÓN DE MARTILLO EN VEREDA-ADOQUÍN		
42	04.06.01	EXCAVACIÓN MANUAL A NIVEL DE SUB RASANTE PARA VEREDAS	m3	82.63
43	04.06.02	CONFORMACIÓN, PERFILADO Y COMPACTADO DE LA SUB RAS. C/ EQUIPO	m2	826.30
44	04.06.03	BASE DE AFIRMADO E=0.10	m2	826.30
45	04.06.04	CAMA DE ARENA	m2	826.30
46	04.06.05	COLOCACIÓN DE ADOQUÍN ROJO	m2	826.30
	04.07	RAMPA DE CONCRETO		
47	04.07.01	CONFORMACIÓN, PERFILADO Y COMPACTADO DE LA SUB RAS. C/ EQUIPO	m2	272.95
48	04.07.02	BASE DE AFIRMADO E=0.10	m2	272.95
49	04.07.03	CONCRETO DE Fc=175 kg/cm2	m2	272.95
	04.08	ACCESOS VEHICULARES		
50	04.08.01	CONFORMACIÓN, PERFILADO Y COMPACTADO DE LA SUB RAS. C/ EQUIPO	m2	516.49
51	04.08.02	BASE DE AFIRMADO E=0.10	m2	516.49
52	04.08.03	CONCRETO DE Fc=175 kg/cm2 E=0.15M	m2	516.49
	05.00	OBRAS DE CONCRETO ARMADO		
	5.01	SARDINEL PERALTADO -		
53	05.01.01	CONCRETO DE Fc=175 kg/cm2	ml	2,482.62
54	05.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	ml	2,482.62
55	05.01.03	ACERO Fy=4200 Kg/cm2	kg	7,928.05
	06.00	SEÑALIZACIÓN		
	6.01	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL		
56	06.01.01	PINTADO DE LÍNEA CONTINUA	ml	120.00
57	06.01.02	PINTADO DE LÍNEAS DISCONTINUAS	ml	2,520.00
58	06.01.03	PINTURA PARA SÍMBOLOS Y LETRAS	m2	182.10
59	06.01.04	PINTADO DE SARDINELES PERALTADOS	ml	2,482.62

	6.02	SEÑALIZACIÓN VERTICAL		
60	06.02.01	SEÑALIZACIÓN REGLAMENTARIA	und	25.00
61	06.02.02	SEÑALIZACIÓN INFORMATIVA	und	25.00
	07.00	ÁREAS VERDES		
62	07.01	SEMBRADO DE ARBOLES	und	150.00
63	07.02	SEMBRADO DE GRASS	m2	6,356.83
	08.00	VARIOS		
64	08.01	MITIGACIÓN AMBIENTAL	Glb.	1.00
65	08.02	SEGURIDAD Y SALUD	Glb.	1.00
66	08.03	LIMPIEZA DE TERRENO FINAL	Glb.	1.00
67	08.04	REPARACIONES DE INSTALACIONES DE AGUA, FUGAS PUNTUALES Y ACOMETIDAS.	Glb.	1.00
68	08.05	NIVELACIÓN DE BUZÓN	und	10.00
69	08.06	REJA METÁLICA H=0.90 MTS	ml	229.17
70	08.07	PUERTAS METÁLICAS	und	5.00
71	08.08	PLACA RECORDATORIA EN MURETE DE CONCRETO	und	1.00
	09.00	INSTALACIONES ELÉCTRICAS		
72	09.01	ILUMINACIÓN ORNAMENTAL	und	18.00
73	09.02	CABLE NYY	ml	471.07
74	09.03	TABLERO ELÉCTRICO GAB.METALICO INT.AUTOMATICO (INC. MURO)	und	1.00
75	09.04	POZO A TIERRA C/CONECTOR,GEL,VARILLA DE COBRE	und	1.00
76	09.05	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	Glb	1.00

Tabla 9: Metrados Caso I

Fuente: SNIP 252627

Para la colocación de estos datos en la pestaña de Excel, se colocarán solo las partidas dados que el sistema presenta errores cuando se agregan los subtítulos.

2. Extraer los rendimientos y precios unitarios de cada elemento de la partida.

INSUMO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TIPO
1	CAPATAZ	HH	20,63	MANO DE OBRA
2	OPERARIO	HH	17,19	MANO DE OBRA
3	OFICIAL	HH	14,57	MANO DE OBRA
4	PEÓN	HH	13,12	MANO DE OBRA
5	POLICÍA DE TRÁNSITO	HH	15	MANO DE OBRA
6	TOPÓGRAFO	HH	14,57	MANO DE OBRA
7	ASFALTO RC-250	GAL	9,14	MATERIALES
8	TRANSPORTE MC-30	GAL	0,1	MATERIALES
9	MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE	M3	335,82	MATERIALES
10	FLETE TERRESTRE ASFALTO RC-250	GAL	6,1	MATERIALES
11	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFÁLTICA	M3	30	MATERIALES
12	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	KG	5,5	MATERIALES
13	ALAMBRE NEGRO N° 16	KG	5	MATERIALES

14	ÁNGULOS 1 1/4"X1 1/4"X3/16"	M3	14,2	MATERIALES
15	ACERO GRADO 60 F"Y=4200 KG/CM2	KG	5,02	MATERIALES
16	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	KG	5	MATERIALES
17	PIEDRA CHANCADA 1/2"	M3	45	MATERIALES
18	ARENA FINA	M3	44,55	MATERIALES
19	ARENA GRUESA	M3	44,5	MATERIALES
20	HORMIGÓN (PUESTO EN OBRA)	M3	40	MATERIALES
21	MATERIAL GRANULAR	M3	45	MATERIALES
22	TIERRA DE CHACRA O VEGETAL	M3	35	MATERIALES
23	TAPA DE CONCRETO PREFABRICADO 0.40X0.40 M	UND	85	MATERIALES
24	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 KG)	BOL	14,85	MATERIALES
25	PLAN DE MITIGACIÓN AMBIENTAL	GLB	7500	MATERIALES
26	SEGURIDAD Y SALUD EN LA OBRA	GLB	5000	MATERIALES
27	REPARACIONES DE INSTALACIONES DE AGUA, FUGAS PUNTUALES Y ACOMETIDAS	GLB	5000	MATERIALES
28	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	GLB	3500	MATERIALES
29	CAL HIDRATADA EN BOLSA 20 KG	BOL	8	MATERIALES
30	GRASS AMERICANO EN CHAMPAS	M2	7,72	MATERIALES
31	PLANTONES ORNAMENTALES	UND	16,08	MATERIALES
32	ADOQUIN DE CONCRETO DE COLOR ROJO 0.10X0.20X0.04 M	M2	21,18	MATERIALES
33	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=175 KG/CM2	M3	276,7	MATERIALES
34	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2	M3	295,3	MATERIALES
35	MADERA TORNILLO	P2	5,1	MATERIALES
36	PINTURA ESMALTE SINTÉTICO	GAL	43	MATERIALES
37	PINTURA PARA TRAFICO	GAL	52	MATERIALES
38	THOR GEL (CAJA DE 5 KG)	PZA	65	MATERIALES
39	DISOLVENTE SALOL	GAL	20,2	MATERIALES
40	CINTA SEÑALIZADORA AMARILLA	M	0,1	MATERIALES
41	MURETE DE CONCRETO	UND	150	MATERIALES
42	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SERVICIO	UND	1800	MATERIALES
43	SOLDADURA CELLOCORD 1/8"	KG	9,54	MATERIALES
44	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SERVICIO	UND	2000	MATERIALES
45	PLACA RECORDATORIA DE MÁRMOL	UND	500	MATERIALES
46	TUBO DE FIERRO NEGRO 2"	M	44,78	MATERIALES
47	TUBO DE FIERRO NEGRO 1"	M	28,4	MATERIALES
48	CHALECO CON CINTAS REFLEXIVAS	UND	25,01	MATERIALES
49	SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA	UND	273,63	MATERIALES
50	TRANQUERAS DE DESVIACIÓN	UND	110,25	MATERIALES
51	SEÑALIZACIÓN INFORMATIVA 1.00X2.20M	UND	700	MATERIALES

52	SEÑALIZACIÓN INFORMATIVA	UND	755	MATERIALES
53	SEÑALIZACIÓN REGLAMENTARIA	UND	755	MATERIALES
54	CONOS DE SEGURIDAD DE TRANSITO	UND	45,5	MATERIALES
55	CABLE ELÉCTRICO NYY 1-3x6MM2+1x6MM2	M	9,66	MATERIALES
56	CABLE DE COBRE DESNUDO 1X10 MM2	M	10,5	MATERIALES
57	FAROLA ORNAMENTAL	UND	1657,44	MATERIALES
58	MEDIDOR DE ENERGÍA MONOFÁSICO	UND	1250	MATERIALES
59	PERNO HEXAGONAL DE 3/4"X3 1/2"	PZA	1,7	MATERIALES
60	VARILLA DE COBRE DE 5/8"X2.40 M	UND	21,86	MATERIALES
61	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	UND	247,38	MATERIALES
62	DISCO DE CORTE	UND	18	MATERIALES
63	DERECHO DE TRAMITE A LA ENTIDAD	GLB	100	MATERIALES
64	AGUA	M3	10	MATERIALES
65	CINTA SEÑALIZADORA AMARILLA	PZA	30	MATERIALES
66	BANNER E IMPRESIÓN	M2	18,17	MATERIALES
67	LIQUIDO DE PAVIMENTACIÓN RC-250	GAL	0,08	MATERIALES
68	SERVICIOS HIGIÉNICOS Y VESTUARIOS	UND	4000	MATERIALES
69	MOVILIZACIÓN DE MAQUINARIAS-HERRAMIENTAS PARA LA OBRA	GLB	5337,55	MATERIALES
70	OFICINA Y ALMACÉN	GLB	4000	MATERIALES
71	PUERTA METÁLICA	UND	151,87	MATERIALES
72	TEODOLITO	HM	9,46	EQUIPOS
73	NIVEL TOPOGRÁFICO	HM	8,33	EQUIPOS
74	MIRAS	HM	10	EQUIPOS
75	HERRAMIENTAS MANUALES	%%	1	EQUIPOS
76	REGLA DE ALUMINIO DE 1 1/2"X3"X6 M	UND	25	EQUIPOS
77	RODILLO NEUMÁTICO AUTOPROPULSADO 5.5-20 TON	HM	111,34	EQUIPOS
78	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOP 101-135 HP 10-12 TON	HM	152,47	EQUIPOS
79	RODILLO TÁNDEM ESTÁTICO AUTOPROPULSADO 58-70 HP 8-10 TON	HM	122,61	EQUIPOS
80	RODILLO NEUMÁTICO AUTOPROPULSADO 127 HP 8-23 TON	HM	134,76	EQUIPOS
81	CORTADORA DE PAVIMENTO C35 - 35 HP	HM	50	EQUIPOS
82	MARTILLO NEUMÁTICO DE 29 KG	HM	4,09	EQUIPOS
83	CARGADOR FRONTAL	HM	147,65	EQUIPOS
84	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 170-210 HP YD3	HM	254,58	EQUIPOS
85	TRACTOR DE TIRO DE 63 HP	HM	80,49	EQUIPOS
86	MOTONIVELADORA DE 125 HP	HM	164,47	EQUIPOS
87	CAMIÓN VOLQUETE DE 15 M3	HM	260,78	EQUIPOS

88	CAMIÓN IMPRIMADOR DE 1800 GL	HM	131,18	EQUIPOS
89	CAMIÓN CISTERNA 4X2 (AGUA) 122 HP 2000 GL	HM	130,2	EQUIPOS
90	MAQUINA DE SOLDAR 295 A	HM	15	EQUIPOS
91	MAQUINA P/PINTAR EN PAVIMENTO	HM	31,25	EQUIPOS
92	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11 P3	HM	25	EQUIPOS
93	PAVIMENTADORA DE 65 HP	HM	256,55	EQUIPOS
94	BARREDORA MECÁNICA	HM	50,1	EQUIPOS
95	COCINA DE ASFALTO 320 GL	HM	61,2	EQUIPOS
96	COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4 HP	HM	23,21	EQUIPOS
97	COMPRESORA NEUMÁTICA 87 HP 250-330 PCM	HM	115	EQUIPOS

Tabla 10: Precios unitarios y rendimientos

Fuente: SNIP 252627

3. Generar el cuadro de costo total para verificar las variaciones del presupuesto con el nuestro.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	JORNADA =	B	H/DÍA								
2								CANTIDAD = JORNADA x CUADRILLA			COSTO TOTAL
3	CODIGO	INSUMO	RENDIMIENTO	CUADRILLA	CANTIDAD	COSTO HM	PARCIAL	TOTAL			
462	74	1	0,50	0,100	1,6000		33,008	33,008			
463	74	2	0,50	1,000	16,0000		275,040	275,040			
464	74	4	0,50	2,000	32,0000		419,840	419,840			
465	74	41			1,0000			150,000			
466	74	61			1,0000			247,380			
467	74	75			0,0300	727,888		21,837			
468	75	1	1,00	0,100	0,8000		16,504	16,504			
469	75	2	1,00	1,000	8,0000		137,520	137,520			
470	75	4	1,00	2,000	16,0000		209,920	209,920			
471	75	22			1,5000			52,500			
472	75	23			1,0000			85,000			
473	75	38			2,0000			130,000			
474	75	56			26,0000			273,000			
475	75	60			1,0000			21,860			
476	75	75			0,0300	363,944		10,918			
477	76	42			1,0000			1800,000			
478	76	44			1,0000			2000,000			
479	76	58			1,0000			1250,000			
480	76	63			1,0000			100,000			
481								COSTO DIRECTO		2680696,881	
482										VARIACION PORCENTUAL	0,338%
483								COSTO \$10		2689781,460	
484											

Fuente: Excel – Elaboración propia

Se observa que la variación es solo de 0,338%, esto es generado por el Excel dado la cantidad de decimales con los cuales está trabajando. Este resultado es aceptable dado que el margen de error es mucho menor que 1%.

4. Ubicar los antecedentes en la hoja de Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	PARTIDAS	PRECEDENTES						
2	1							
3	2							
4	3							
5	4							
6	5							
7	6							
8	7	6						
9	8	6						
10	9	8						
11	10	9						
12	11	9						
13	12	9						
14	13	11						
15	14	13						
16	15	14						
17	16	15						
18	17	10						
19	18	17						
20	19	18						
21	20	19						
22	21	20						
23	22	21						

Fuente: Excel – Elaboración propia

Se observa en la presente imagen las partidas con el código asignado y su respectivo precedente, las partidas que no tienen precedente son las que o son actividades globales o están en el inicio de obra.

5. Se agregó una hoja en el cual se adicionará el costo indirecto producido por la ejecución de la obra

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
38		Seguro Contra Todo Riesgo			1,00	1,00	*****	0,0014	S/. 4.518,83	S/. 12.426,79		
39												
40		3,02 Tributos					Monto	Tasa	Parcial			
41		Sencico (0.2%)					*****	0,002	S/. 5.379,56	S/. 0,00	5379,56292	
42												
43									Ⓣ	S/. 12.426,79		
44												
45		TOTAL GASTOS GENERALES VARIABLES								(4)=(1)+(2)+(3)	S/. 118.549,29	
46												
47		GASTOS GENERALES FIJOS										
48		1,00 Pruebas y Ensayos					Und	Cantidad	C.U.	Total		
49		Proctor modificado					und	40,00	S/. 140,00	S/. 5.600,00		
50		Densidad de campo					und	70,00	S/. 95,00	S/. 6.650,00		
51		Resistencia del Concreto					und	40,00	S/. 75,00	S/. 3.000,00		
52		Ensayos del Asfalto					und	12,00	S/. 250,00	S/. 3.000,00		
53												
54									Ⓣ	S/. 18.250,00		
55		2,00 Varios										
56		Gastos Notariales					est	1,00	S/. 1.250,00	S/. 1.250,00		
57		Liquidacion de obra					est	1,00	S/. 7.000,00	S/. 7.000,00		
58												
59									Ⓣ	S/. 8.250,00		
60												
61		TOTAL GASTOS GENERALES FIJOS								(7)=(5)+(6)	S/. 26.500,00	
62												
63												
64		TOTAL GASTOS GENERALES								(8)=(4)+(7)	S/. 145.049,29	

Fuente: Excel – Elaboración propia

Se observa que se consideró en costo indirecto dado que es una parte muy importante en la ejecución de los algoritmos genéticos. También hay que resaltar que se está considerando el impuesto a Sencico como un porcentaje dado que este dato es variable pues depende del costo directo y del tiempo de duración del proyecto.

6. Se creó un panel de control desde el cual se analizarán los datos

The screenshot displays an Excel spreadsheet with two main sections: 'DATOS DEL PROYECTO' and 'PANEL DE CONTROL DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS'. The 'DATOS DEL PROYECTO' section includes the following data:

Row	Value	Description
3	76	CANTIDAD DE PARTIDAS
5	26	Nº DE DÍAS HÁBILES MENSUALES
7	26500	COSTO INDIRECTO FIJO
10	52	DURACIÓN MÁXIMA DEL PROYECTO(EN DÍAS HÁBILES)
12	106122.5	COSTO ADMINISTRATIVO(MENSUAL)
14	2.0%	PORCENTAJE DE TRIBUTO SENCICO(MENSUAL)

The 'PANEL DE CONTROL DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS' section is represented by a control panel window titled 'REGENING SYSTEM SRL' and 'PANEL DE CONTROL DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS'. It contains the following controls:

- Tamaño de la Población(max 255): []
- Cantidad de generaciones: []
- Grupos o recombinación: []
- Cantidad de hijos por generación: []
- Cantidad de hijos por cruce: []
- Elitismo: []
- Porcentaje de elitismo: []

The control panel also features a list of steps: 1. Generar Población Inicial, 2. Evaluación, 3. Selección, 4. Recombinación, 5. Mutación (5%), 6. Evaluación Hijos. A blue arrow points from the control panel to the spreadsheet data, indicating the flow of information.

Fuente: Excel – Elaboración propia

En esta imagen se observan los datos más importantes para la resolución del proyecto desde la cantidad de partidas, tamaño de la población, etc. Se muestra al lado izquierdo los elementos de control del proyecto que van desde cantidad de partidas, días del proyecto hasta el tributo a Sencico que es directamente proporcional al costo directo, por el otro lado se muestra el panel de control de los algoritmos genéticos que al hacer clic se muestran las opciones de ejecución de estos tales como cantidad de individuos, numero de generaciones, cantidad de hijos, porcentaje de elitismo, métodos de selección y el botón de iniciar algoritmos.

7. Se creó el cuadro resumen de datos

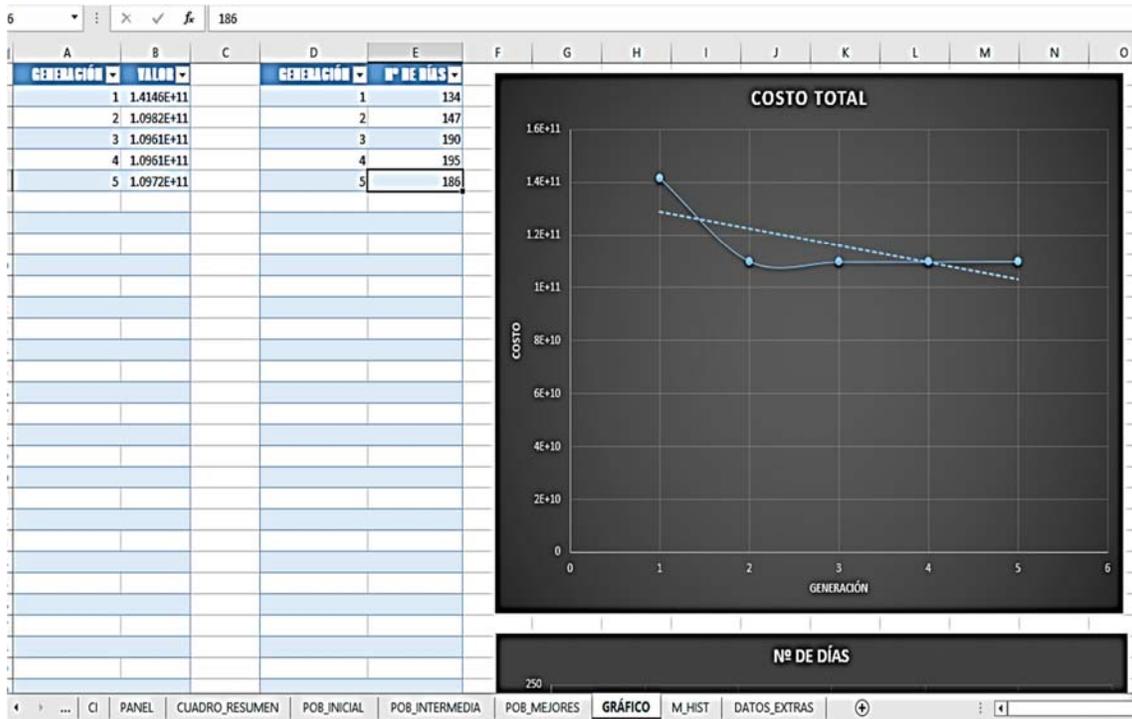
	ACT	ANT	DUR	IA	IT	TA	TT	HT	REC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
1									8000.000																																
2	1	0	46	0	0	46	52	6	5337.550																																
3	2	0	47	0	0	47	52	5	9641.292																																
4	3	0	39	0	0	39	52	13	2965.604																																
5	4	0	6	0	0	6	52	46	12130.650																																
6	5	0	2	0	0	2	52	50	3611.318																																
7	6	0	5	0	0	5	5	5	667.231																																
8	7	6	1	5	171	6	172	166	29434.272																																
9	8	6	13	5	5	18	18	0	4694.547																																
10	9	8	3	18	18	21	21	0	40845.558																																
11	10	9	24	21	21	45	45	0	85320.821																																
12	11	9	9	21	71	30	80	50	1302.000																																
13	12	9	1	21	171	22	172	150	59095.766																																
14	13	11	19	30	80	49	99	50	707.925																																
15	14	13	1	49	99	50	100	50	4132.843																																
16	15	14	18	50	100	68	118	50	297395.786																																
17	16	15	14	68	133	82	147	65	51826.693																																
18	17	10	3	45	45	48	48	0	17187.836																																
19	18	17	1	48	160	49	161	112	86992.363																																
20	19	18	4	49	161	53	165	112	106288.734																																
21	20	19	3	53	165	56	168	112	24854.946																																
22	21	20	1	56	168	57	169	112	215932.442																																
23	22	21	3	57	169	60	172	112	45351.142																																
24	23	30	2	68	68	70	70	0	238004.314																																
25	24	23	3	70	70	73	73	0	11181.773																																
26	25	24	1	73	73	74	74	0	37106.233																																
27	26	17	14	48	48	62	62	0	12305.934																																
28	27	26	1	62	62	63	63	0	106763.579																																
29	28	27	2	63	63	65	65	0	17795.336																																
30	29	28	1	65	65	66	66	0	154658.191																																
31	30	29	2	66	66	68	68	0	4507.003																																
32	31	26	1	62	114	63	115	52	2808.360																																
33	32	31	21	63	115	84	136	52																																	

Fuente: Excel – Elaboración propia

Esta es uno de los cuadros más importantes del proceso dado que aquí se analizarán los datos correspondientes a iniciación adelantada y tardía, terminación adelantada y tardía, las holguras, precedentes, costos mensuales y todo lo demás.

Se puede observar de color verde claro los elementos correspondientes a la iniciación y terminación adelantada, de color anaranjado claro la iniciación y la terminación tardía; en la holgura se sombrea de color rojo automáticamente todas las partidas que se convierten en ruta crítica. También se muestra el costo total de cada partida, así como el costo diario de la ejecución de cada uno de estas que incluyen el costo por administración directa incluyendo el costo por el uso de Sencico.

9. Se creó la pestaña GRÁFICO



Fuente: Excel – Elaboración propia

En esta pestaña se muestran unas tablas en la cual se almacena el menor valor hallado en cada generación del algoritmo genético, así como el respectivo tiempo que se le asigna a ese costo. También se incluyen gráficos de costo total vs generación, N° de días vs generación y costo total vs N° de días que servirán para que el usuario pueda tomar la correcta decisión al escoger al individuo que usara como base para la exportación a Microsoft Project. Estos gráficos se mostrarán en la parte en la cual se analizan los datos.

10. Se creó la pestaña M HIST

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	1	2	3	4	5							
2	1.5001E+11	1.4146E+11	1.0982E+11	1.0961E+11	1.0972E+11							
3												
4	46	52	40	46	40							
5	47	13	29	47	29							
6	39	42	26	39	41							
7	6	4	2	6	2							
8	2	44	49	49	45							
9	5	3	1	1	1							
10	1	2	1	1	1							
11	13	3	7	7	14							
12	3	3	2	2	2							
13	24	9	15	15	15							
14	9	16	12	12	12							
15	1	1	2	2	2							
16	19	19	26	26	26							
17	1	1	1	1	1							
18	18	29	30	30	30							
19	14	16	14	14	14							
20	3	10	12	12	12							
21	1	1	2	2	2							
22	4	6	7	7	7							
23	3	5	3	3	3							
24	1	1	3	3	3							
25	3	3	3	3	3							
26	2	3	13	13	13							
27	3	4	32	32	32							
28	1	1	1	1	1							
29	14	3	16	16	16							
30	1	2	3	3	3							

Fuente: Excel – Elaboración propia

Esta pestaña es auxiliar y se muestra el mejor individuo de cada generación, así como su costo es similar al subíndice N° 8 con la diferencia que en esta pestaña se muestran todos los elementos incluidos en el individuo necesarios para la exportación a Microsoft Project. Así mismo esta pestaña muestra la evolución de cada individuo por generación que puede ser útil para el análisis de datos deducidos de esta investigación.

ANÁLISIS DEL PROYECTO TIPO CASO

Dado que los resultados obtenidos de los algoritmos genéticos varían dependiendo de las opciones escogidas y datos ingresados en el panel de control a continuación se analizarán varias combinaciones de los algoritmos para determinar cuál es la que más se adapta a nuestro problema presentado, además se analizarán dos casos, en el primero no se establecerá límite de tiempo en la ejecución del proyecto y en el segundo estará limitado a un determinado número de días máximos para su realización.

Para poder determinar cuál era la distribución óptima de recursos se los dividió de acuerdo a la duración de cada uno y se los sumó perpendicularmente, pero dado que la cantidad de recursos es constante se procedió a elevarlos al cuadrado para poder diferenciarlos y obtener la solución adecuada.

CASOS EN EL CUAL NO SE CONSIDERA TIEMPO LÍMITE

1 CASO: *Elitismo*

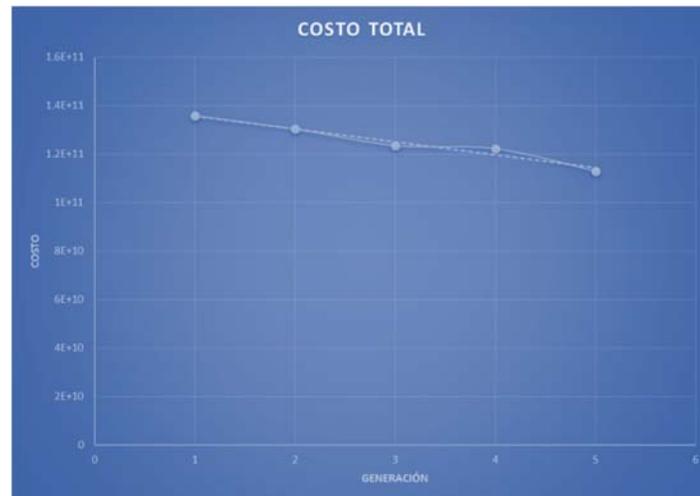
Pob. Inicial	5
N° Generaciones:	5
N° de hijos:	10
% Elitismo:	80

El tiempo total de ejecución fue de 50.445 segundos y se obtuvieron los siguientes resultados:

GENERACIÓN	VALOR
1	1.3584E+11
2	1.3034E+11
3	1.236E+11
4	1.2229E+11
5	1.1306E+11

GENERACIÓN	N° DE DÍAS
1	207
2	198
3	211
4	187
5	168

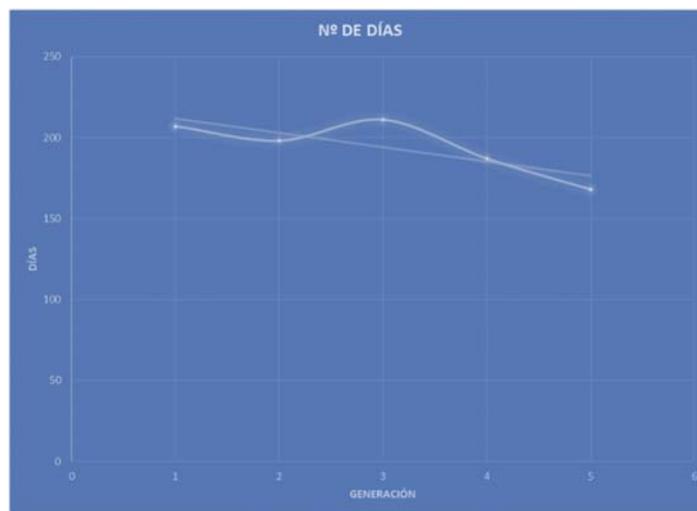
Estos cuadros se explicarán en las siguientes gráficas:



Fuente: Excel – Elaboración propia

Imagen 10: Costo vs N de Generación (5 generaciones) - Elitismo

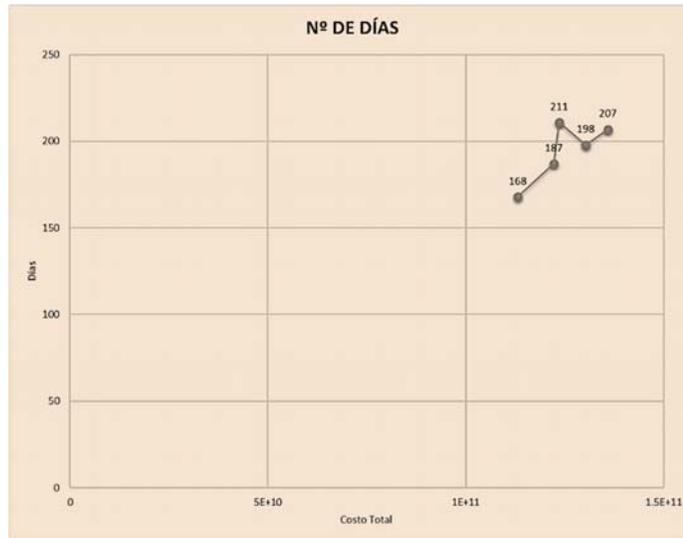
En la gráfica se observa un descenso constante en el costo total, que además concuerda con la línea de tendencia, lo que nos quiere decir que el proceso de adaptación está funcionando con normalidad, por lo que se recomendó ampliar la cantidad de generaciones para observar el comportamiento de los individuos.



Fuente: Excel – Elaboración propia

Imagen 11: Tiempo vs N de Generación (5 generaciones) - Elitismo

En esta gráfica se observa que el tiempo total disminuye de forma constante, pero presenta una elevación en la parte central que se debe a que el cruce de padres se generó elementos no deseados pero que incluso tenían mejores características con respecto al costo total.



Fuente: Excel – Elaboración propia

Imagen 12: Costo vs Tiempo (5 generaciones) – Elitismo

En esta grafica que es una de las más importantes en el análisis del comportamiento de los algoritmos genéticos dado que se observa el número de días y el precio correspondiente, además en esta gráfica el individuo más apto se encuentra en la parte inferior izquierda que es donde están ubicados la menor cantidad de tiempo y costo.

2 CASO: Elitismo

Pob. Inicial	10
Nº Generaciones:	10
Nº de hijos:	20
% Elitismo:	80

El tiempo total de ejecución fue de 161.933 segundos y se obtuvieron los siguientes resultados:

GENERACIÓN	VALOR
1	1.3027E+11
2	1.3027E+11
3	1.3437E+11
4	1.3437E+11
5	1.2598E+11
6	1.2472E+11
7	1.2472E+11
8	1.3041E+11
9	1.3041E+11
10	1.2482E+11

GENERACIÓN	Nº DE DÍAS
1	193
2	170
3	142
4	170
5	193
6	189
7	183
8	179
9	183
10	148

Estos cuadros se explicarán en las siguientes gráficas:

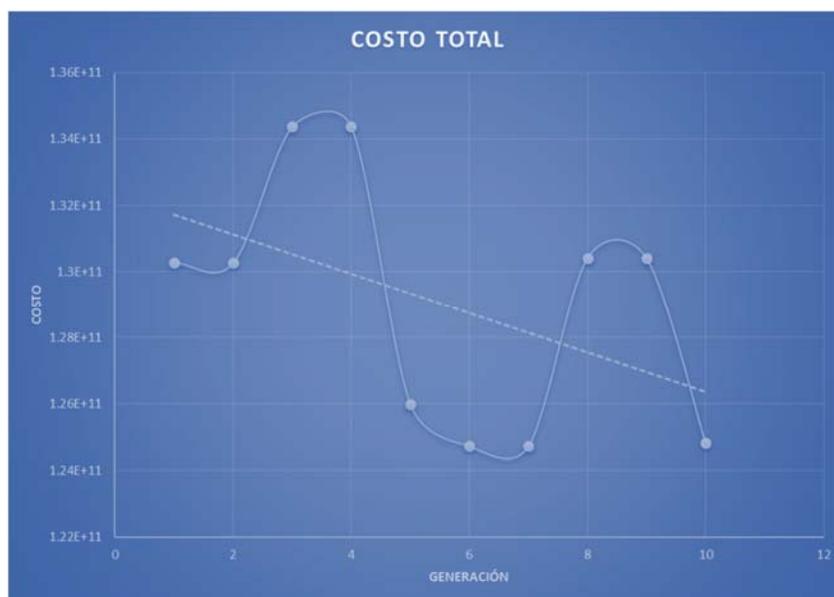
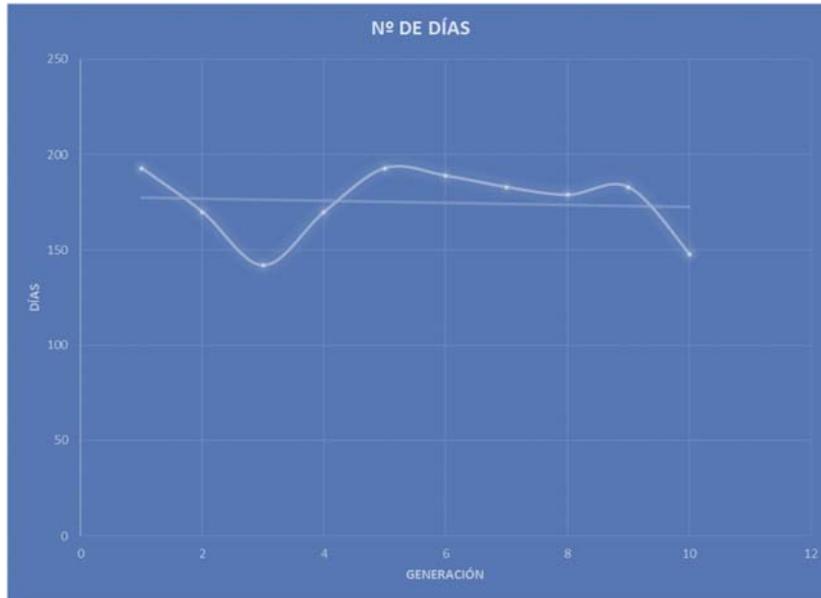


Imagen 13: Costo vs N de Generación (10 generaciones) -- Elitismo

Fuente: Excel –
Elaboración propia

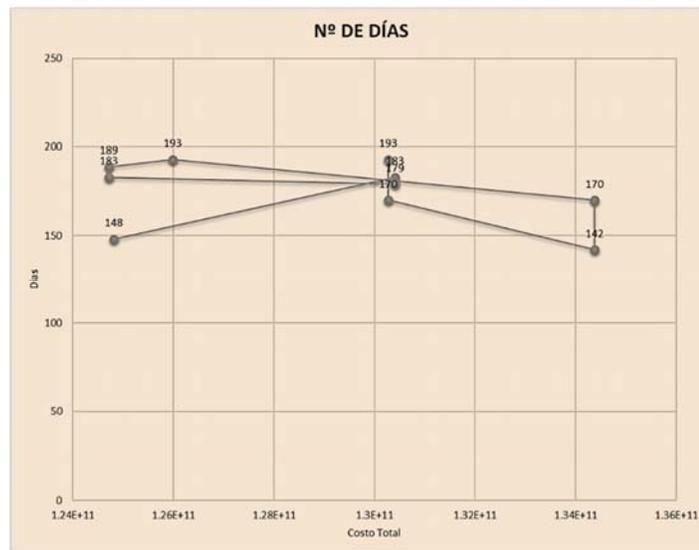
En la gráfica se observa un descenso variable en el costo total, pero la línea de tendencia todavía demuestra una disminución del costo total, todo esto es debido que al haber más individuos aparecen más que no son aptos que después son eliminados en la siguiente generación por lo que se observa los nuevos descensos en el costo total, por lo que se recomendó ampliar la cantidad de generaciones para observar el comportamiento de los individuos.



Fuente: Excel –
Elaboración propia

Imagen 14: Tiempo vs N de Generación (10 generaciones) - Elitismo

En esta gráfica se observa que el tiempo total permanece casi de forma constante, que se produjo por la formación de elementos no deseados que incluso tenían mejores características con respecto al costo total, pero se observa que al final la adaptación empezaba a estabilizarse por lo que se recomendó aumentar la cantidad de generaciones para observar el comportamiento de los individuos.



Fuente: Excel –
Elaboración propia

Imagen 15: Costo vs Tiempo (10 generaciones) - Elitismo

En esta grafica que es una de las más importantes en el análisis del comportamiento de los algoritmos genéticos dado que se observa el número de días y el precio correspondiente, además en esta gráfica el individuo más apto se

encuentra en la parte inferior izquierda que es donde están ubicados la menor cantidad de tiempo y costo

3 CASO: *Elitismo*

Pob. Inicial	15
N° Generaciones:	15
N° de hijos:	30
% Elitismo:	80

El tiempo total de ejecución fue de 426.699 segundos y se obtuvieron los siguientes resultados:

GENERACIÓN	VALOR
1	1.308E+11
2	1.308E+11
3	1.309E+11
4	1.3179E+11
5	1.1922E+11
6	1.1922E+11
7	1.3239E+11
8	1.3239E+11
9	1.3661E+11
10	1.3661E+11
11	1.3661E+11
12	1.3212E+11
13	1.3212E+11
14	1.2097E+11
15	1.0908E+11

GENERACIÓN	N° DE DÍAS
1	179
2	168
3	212
4	200
5	216
6	210
7	156
8	181
9	208
10	218
11	208
12	168
13	142
14	228
15	168

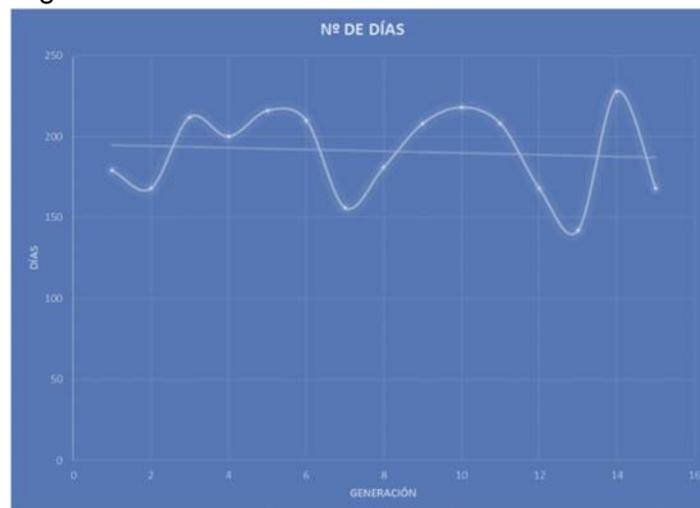
Estos cuadros se explicarán en las siguientes gráficas:



Fuente: Excel –
Elaboración propia

Imagen 16::Costo vs N de Generación (15 generaciones) - Elitismo

En la gráfica se observa una constante en el costo total, pero la línea de tendencia todavía demuestra una ligera disminución del costo total, todo esto es debido que al haber más individuos aparecen más que no son aptos que después son eliminados en la siguiente generación por lo que se observa los nuevos descensos en el costo total en la parte final, por lo que se recomienda ampliar la cantidad de generaciones para observar el comportamiento de los individuos dado que esta combinación no es la adecuada dado que mantiene constante durante casi todo la ejecución del algoritmo.



Fuente: Excel –
Elaboración propia

Imagen 17:Tiempo vs N de Generación (15 generaciones) - Elitismo

En esta gráfica se observa que el tiempo total permanece de forma variable con picos y crestas, que se produjo por la formación de elementos no deseados que incluso tenían mejores características con respecto al costo total, pero se observa que al final la adaptación empezaba a estabilizarse por lo que se recomendó aumentar la cantidad de generaciones para observar el comportamiento de los individuos.



Imagen 18: Costo vs Tiempo (15 generaciones) - Elitismo Fuente: Excel – Elaboración propia

En esta grafica que es una de las más importantes en el análisis del comportamiento de los algoritmos genéticos dado que se observa el número de días y el precio correspondiente, además en esta gráfica el individuo más apto se encuentra en la parte inferior izquierda que es donde están ubicados la menor cantidad de tiempo y costo

4 CASO: *Elitismo*

Pob. Inicial	20
N° Generaciones:	20
N° de hijos:	40
% Elitismo:	80

El tiempo total de ejecución fue de 616.171 segundos y se obtuvieron los siguientes resultados:

GENERACIÓN	VALOR
1	1.25312E+11
2	1.28953E+11
3	1.28953E+11
4	1.28953E+11
5	1.28953E+11
6	1.20794E+11
7	1.12905E+11
8	1.04542E+11
9	1.04542E+11
10	1.05745E+11
11	1.06481E+11
12	1.07441E+11
13	1.08263E+11
14	1.0749E+11
15	1.0749E+11
16	1.043E+11
17	98803172214
18	98803172214
19	89210384994
20	89210384994

GENERACIÓN	N° DE DÍAS
1	170
2	199
3	202
4	187
5	194
6	166
7	191
8	214
9	209
10	206
11	169
12	231
13	183
14	176
15	246
16	202
17	180
18	202
19	159
20	146

Estos cuadros se explicarán en las siguientes gráficas:



Imagen 19: Costo vs N de Generación (20 generaciones) - Elitismo

Fuente: Excel –
Elaboración propia

En la gráfica se observa un descenso variable en el costo total para después estabilizarse y la línea de tendencia todavía demuestra una disminución del costo total, todo esto porque los algoritmos encontraron una solución adecuada al problema, por lo que se recomienda ampliar la cantidad de generaciones para observar si continua estable o todavía tiende a disminuir el costo total.



Imagen 20: Tiempo vs N de Generación (20 generaciones) - Elitismo

Fuente: Excel –
Elaboración propia

En esta gráfica se observa que el tiempo total es variable, pero se observa una tendencia hacia la disminución del tiempo total invertido por lo que se recomendó

aumentar la cantidad de generaciones para observar el comportamiento de los individuos.

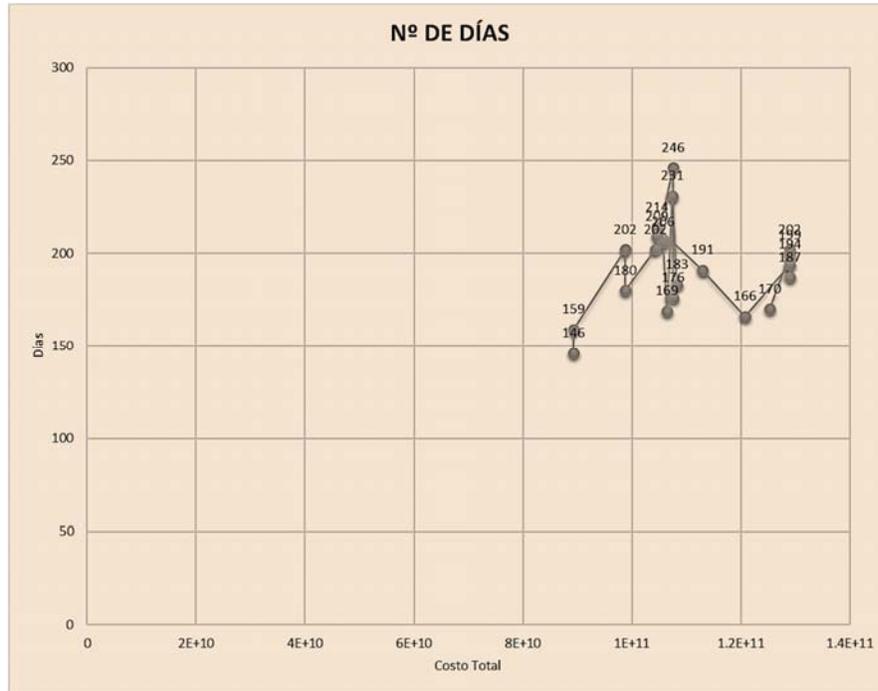


Imagen 21: Costo vs Tiempo (20 generaciones) - Elitismo

Fuente: Excel –
Elaboración propia

En esta grafica que es una de las más importantes en el análisis del comportamiento de los algoritmos genéticos dado que se observa el número de días y el precio correspondiente, además en esta gráfica el individuo más apto se encuentra en la parte inferior izquierda que es donde están ubicados la menor cantidad de tiempo y costo.

5 CASO: Elitismo

Pob. Inicial	25
Nº Generaciones:	25
Nº de hijos:	50
% Elitismo:	80

El tiempo total de ejecución fue de 895.343 segundos y se obtuvieron los siguientes resultados:

GENERACIÓN	VALOR
1	1.23272E+11
2	1.23272E+11
3	1.23272E+11
4	1.23272E+11
5	1.23272E+11
6	1.23272E+11
7	1.23272E+11
8	1.23272E+11
9	1.23272E+11
10	1.23272E+11
11	1.23272E+11
12	1.22688E+11
13	1.22688E+11
14	1.23272E+11
15	1.16718E+11
16	1.16718E+11
17	1.23272E+11
18	1.24789E+11
19	1.24749E+11
20	1.24749E+11
21	1.25588E+11
22	1.25588E+11
23	1.12368E+11
24	1.12368E+11
25	1.13576E+11

GENERACIÓN	Nº DE DÍAS
1	152
2	152
3	226
4	183
5	148
6	158
7	154
8	131
9	171
10	152
11	144
12	179
13	166
14	168
15	185
16	174
17	138
18	141
19	161
20	207
21	146
22	159
23	131
24	154
25	154

Estos cuadros se explicarán en las siguientes gráficas

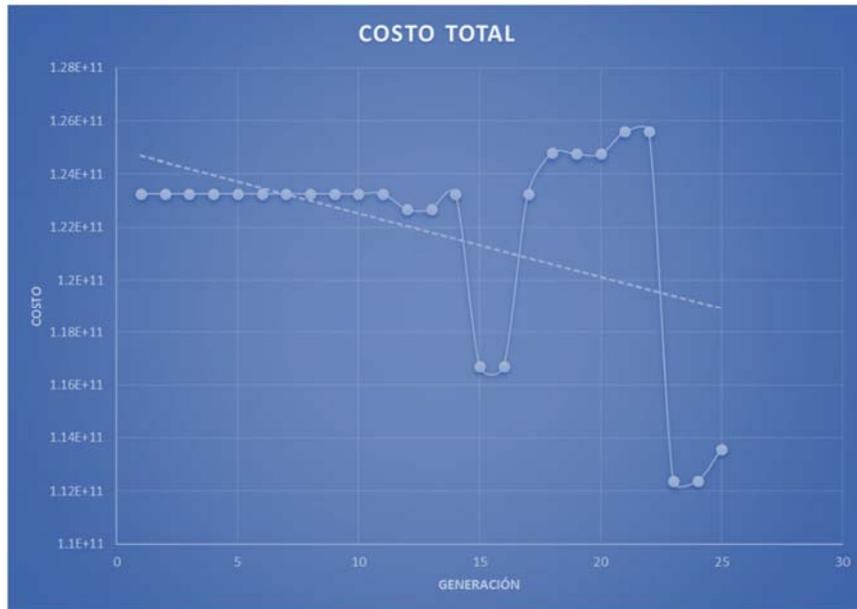


Imagen 22:Costo vs N de Generación (25 generaciones) - Elitismo

Fuente: Excel –
Elaboración propia

En la gráfica se observa un descenso constante hasta una depresión por la generación número 15 para después elevarse de nuevo y caer otra vez por la generación 22 y parece que tendrá a subir, por lo que se recomendó ampliar la cantidad de generaciones para observar el si la curva tiende a subir o solo es un máximo local.

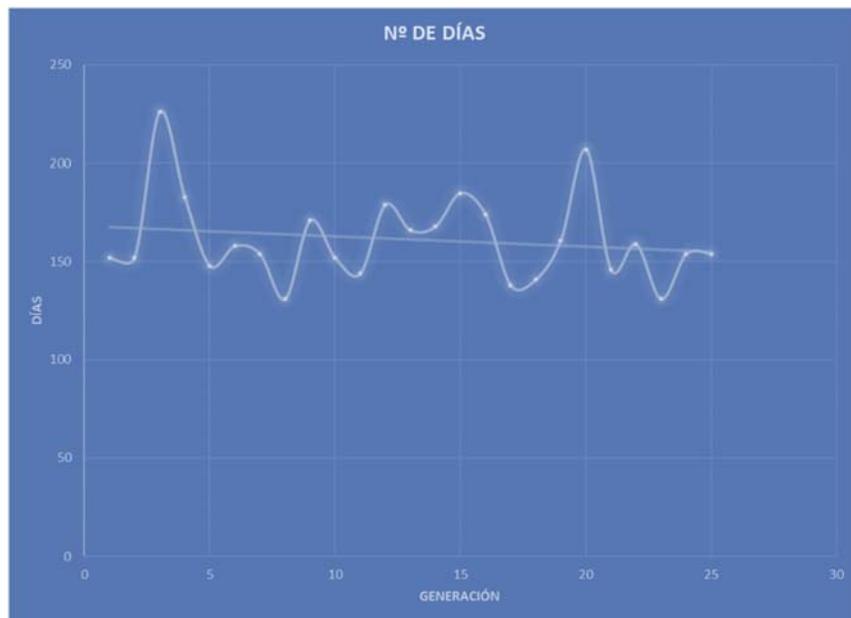


Imagen 23:Tiempo vs N de Generación (25 generaciones) - Elitismo

Fuente: Excel –
Elaboración propia

En esta gráfica se observa que el tiempo total permanece casi de forma constante, que se produjo por la formación de elementos no deseados que incluso tenían

El tiempo total de ejecución fue de 1389.992 segundos y se obtuvieron los siguientes resultados:

GENERACIÓN	VALOR
1	1.94401E+11
2	1.901E+11
3	1.87578E+11
4	1.71668E+11
5	1.69659E+11
6	1.63257E+11
7	1.56104E+11
8	1.56354E+11
9	1.57494E+11
10	1.58644E+11
11	1.59824E+11
12	1.61184E+11
13	1.56863E+11
14	1.57253E+11
15	1.5652E+11
16	1.54859E+11
17	1.54829E+11
18	1.52211E+11
19	1.52378E+11
20	1.52548E+11
21	1.50793E+11
22	1.50767E+11
23	1.51037E+11
24	1.48862E+11
25	1.47069E+11
26	1.47279E+11
27	1.46881E+11
28	1.46865E+11
29	1.44922E+11
30	1.43995E+11

GENERACIÓN	Nº DE DÍAS
1	79
2	70
3	64
4	81
5	73
6	77
7	79
8	101
9	75
10	92
11	77
12	82
13	77
14	110
15	105
16	110
17	106
18	88
19	79
20	104
21	80
22	107
23	104
24	88
25	111
26	107
27	111
28	104
29	106
30	93

Estos cuadros se explicarán en las siguientes gráficas:

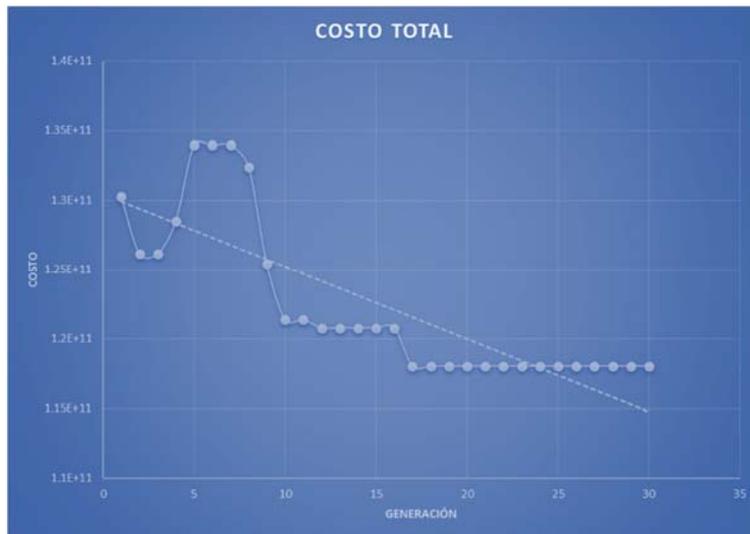


Imagen 25: Costo vs N de Generación (30 generaciones) - Elitismo

Fuente: Excel –
Elaboración propia

En la gráfica se observa un descenso considerable en el costo total, con una línea de tendencia muy buena, todo esto es debido que haber más generaciones e individuos los genes tienen más espacio para poder adaptarse, de aquí en adelante se realizó otros experimentos en los que aumentó la cantidad de hijos por padres, individuos iniciales y generaciones pero los individuos tienden a estabilizarse aproximadamente por la generación número 30 por lo que se recomendó terminar las pruebas a este nivel de generaciones como máximo.

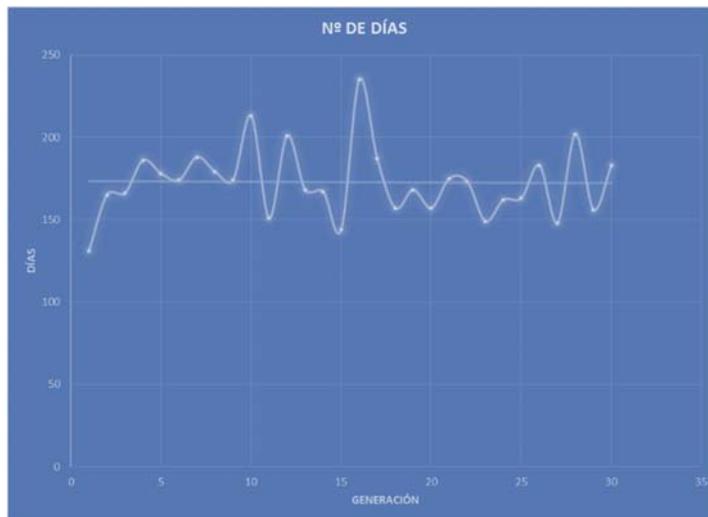


Imagen 26: Tiempo vs N de Generación (30 generaciones) - Elitismo

Fuente: Excel –
Elaboración propia

En esta gráfica se observa que el tiempo total oscila de forma errática y tiende a ser más errático cuando pasa las 30 generaciones por lo que este comportamiento ayudo a la decisión de finalizar las pruebas a las 30 generaciones.

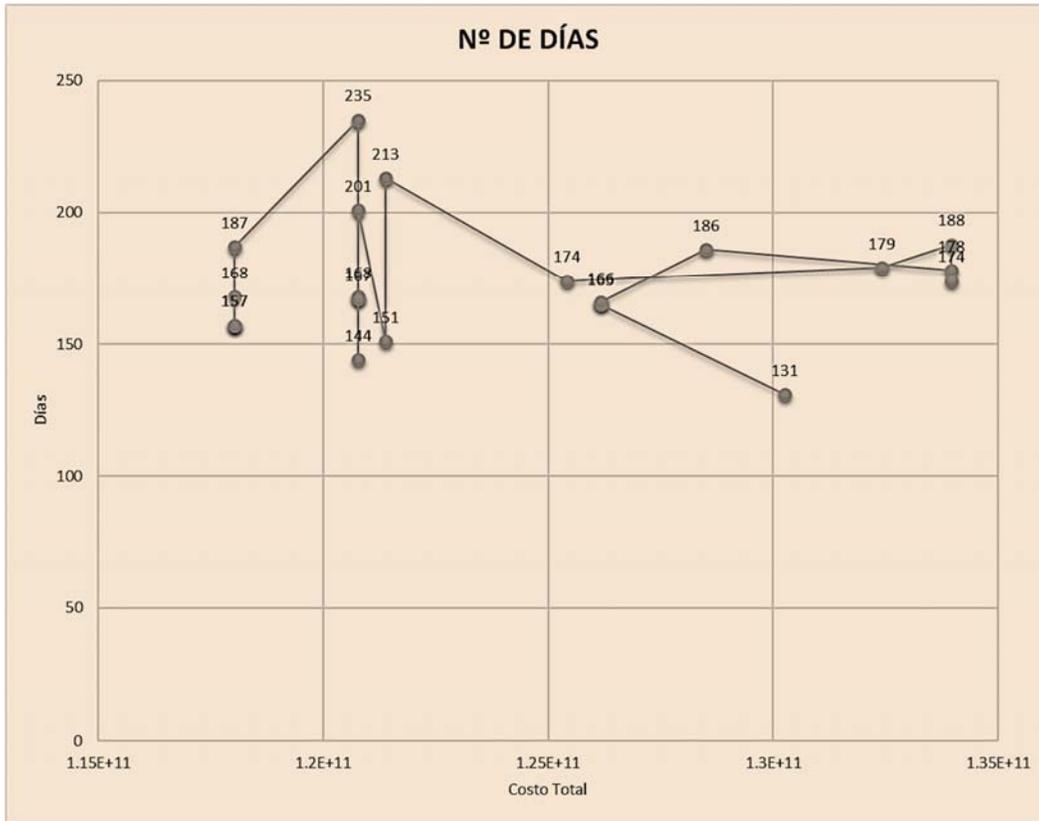


Imagen 27: Costo vs Tiempo (30 generaciones) - Elitismo

Fuente: Excel –
Elaboración propia

En esta grafica que es una de las más importantes en el análisis del comportamiento de los algoritmos genéticos dado que se observa el número de días y el precio correspondiente, además en esta gráfica el individuo más apto se encuentra en la parte inferior izquierda que es donde están ubicados la menor cantidad de tiempo y costo.

Para el caso de la opción mejores padres e hijos se observó que los individuos rápidamente convergían en un mínimo local, se trató de evitar esto por varios métodos que van desde una penalización muy fuerte para estos individuos, eliminación por selección forzosa, nuevos límites establecidos pero se eliminaba uno y aparecía otro, entonces se concluyó que se debía a que la población original aparecía un individuo demasiado apto para su generación y como siempre se tiende a escoger al mejor individuo entre ambos (padres-hijos) este siempre era seleccionado a pesar de las restricciones colocadas.

Se mostrarán a continuación los ejemplos con 25 y 30 generaciones para dejar constancia del individuo que se apodero de la población.

7 CASO: Mejores padres - Mejores Hijos

Pob. Inicial	25
N° Generaciones:	25
N° de hijos:	50

El tiempo total de ejecución fue de 792.312 segundos y se obtuvieron los siguientes resultados:

Estos cuadros se explicarán en las siguientes gráficas

GENERACIÓN	VALOR
1	1.37767E+11
2	1.37767E+11
3	1.37767E+11
4	1.37767E+11
5	1.37767E+11
6	1.37767E+11
7	1.37767E+11
8	1.37767E+11
9	1.37767E+11
10	1.37767E+11
11	1.37767E+11
12	1.37767E+11
13	1.37767E+11
14	1.37767E+11
15	1.37767E+11
16	1.37767E+11
17	1.37767E+11
18	1.37767E+11
19	1.37767E+11
20	1.37767E+11
21	1.37767E+11
22	1.37767E+11
23	1.37767E+11
24	1.37767E+11
25	1.37767E+11

GENERACIÓN	N° DE DÍAS
1	190
2	124
3	128
4	199
5	146
6	136
7	147
8	150
9	204
10	152
11	227
12	138
13	126
14	227
15	203
16	157
17	192
18	124
19	191
20	153
21	137
22	150
23	111
24	133
25	231

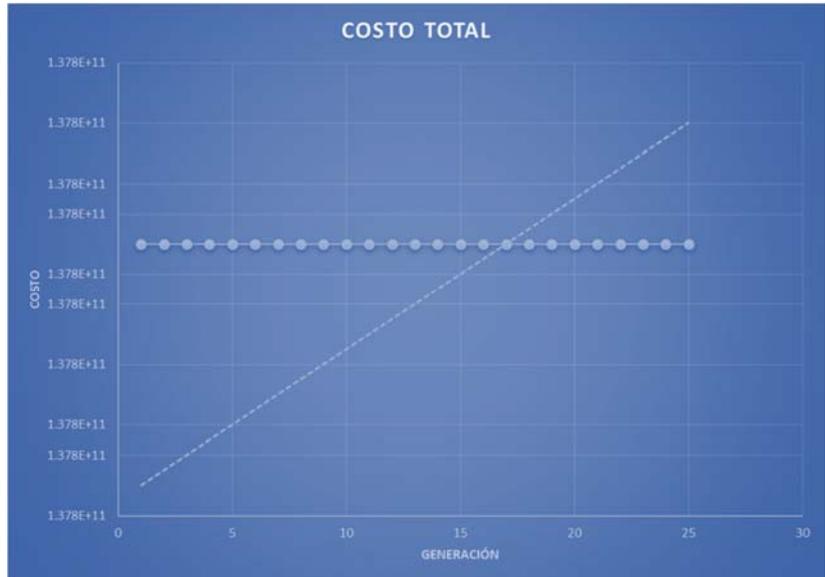


Imagen 28: Costo vs N de Generación (25 generaciones) - Mejores padres e hijos

Fuente: Excel –
Elaboración propia

En la gráfica se observa como un individuo se apodero de los mejores valores en todas las generaciones lo que llevo a un mínimo local constante por lo que se descarta este resultado.

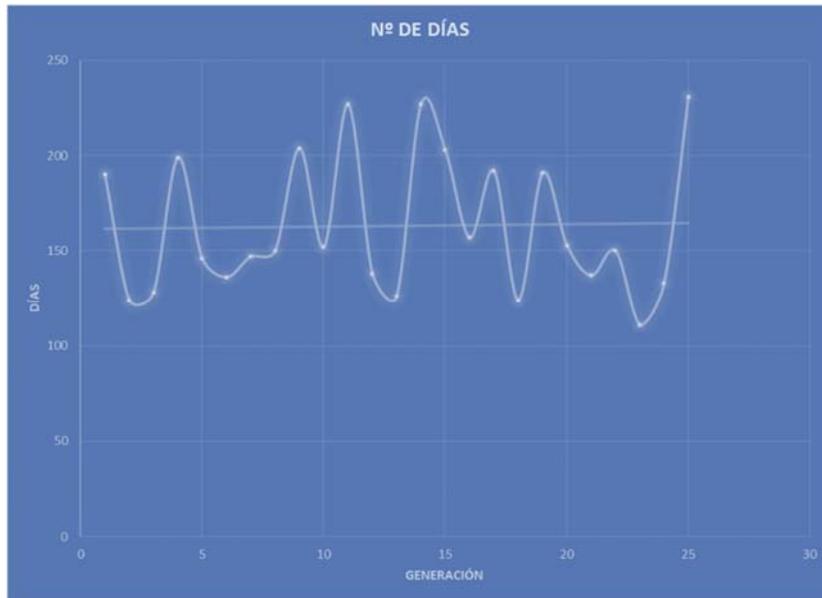


Imagen 29: Tiempo vs N de Generación (25 generaciones) - Mejores padres e hijos

Fuente: Excel –
Elaboración propia

En esta gráfica se observa que el tiempo actúa de forma errática lo que no se puede considerar como un buen comportamiento y no será tomado en cuenta como

combinación de elementos esto es posiblemente ocasionado por el elemento que se apodero de la población inicial.



Imagen 30: Costo vs Tiempo (25 generaciones) - Mejores padres e hijos

Fuente: Excel –
Elaboración propia

En esta grafica que es una de las más importantes en el análisis del comportamiento de los algoritmos genéticos dado que se observa el número de días y el precio correspondiente, además en esta gráfica el individuo más apto se encuentra en la parte inferior izquierda que es donde están ubicados la menor cantidad de tiempo y costo

8 CASO: Mejores padres - Mejores Hijos

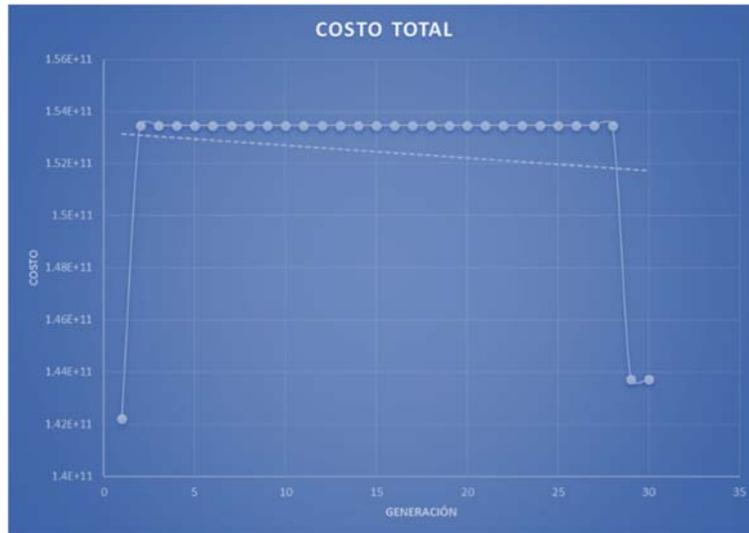
Pob. Inicial	30
Nº Generaciones:	30
Nº de hijos:	60

El tiempo total de ejecución fue de 1112.375 segundos y se obtuvieron los siguientes resultados:

GENERACIÓN	VALOR
1	1.42217E+11
2	1.53455E+11
3	1.53455E+11
4	1.53455E+11
5	1.53455E+11
6	1.53455E+11
7	1.53455E+11
8	1.53455E+11
9	1.53455E+11
10	1.53455E+11
11	1.53455E+11
12	1.53455E+11
13	1.53455E+11
14	1.53455E+11
15	1.53455E+11
16	1.53455E+11
17	1.53455E+11
18	1.53455E+11
19	1.53455E+11
20	1.53455E+11
21	1.53455E+11
22	1.53455E+11
23	1.53455E+11
24	1.53455E+11
25	1.53455E+11
26	1.53455E+11
27	1.53455E+11
28	1.53455E+11
29	1.43713E+11
30	1.43713E+11

GENERACIÓN	Nº DE DÍAS
1	140
2	162
3	161
4	154
5	159
6	175
7	141
8	153
9	181
10	169
11	195
12	151
13	184
14	181
15	203
16	150
17	200
18	174
19	219
20	177
21	168
22	142
23	150
24	200
25	172
26	197
27	171
28	164
29	218
30	175

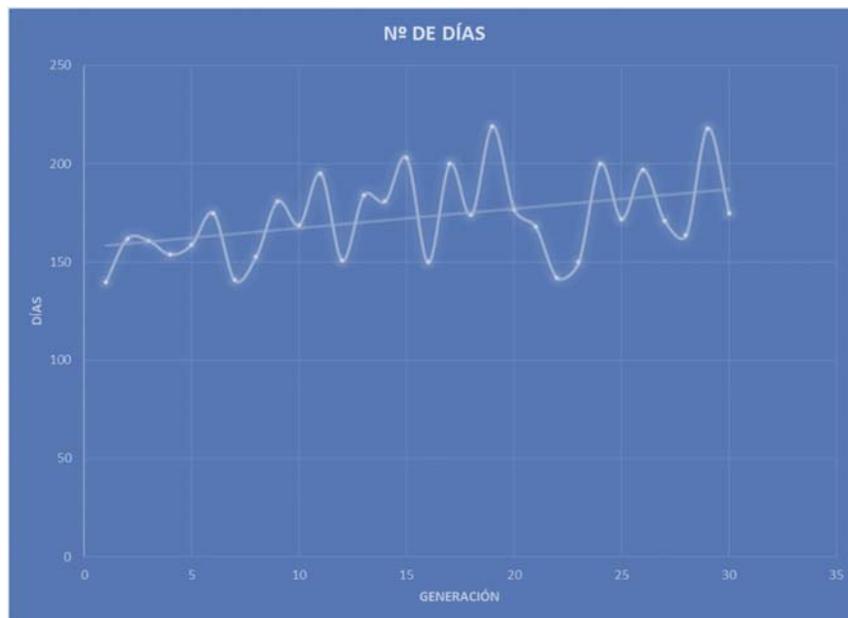
Estos cuadros se explicarán en las siguientes gráficas



Fuente: Excel –
Elaboración propia

Imagen 31: Costo vs N de Generación (30 generaciones) - Mejores padres e hijos

En la gráfica se observa como un individuo se apodero de los mejores valores en todas las generaciones lo que llevo a un mínimo local constante por lo que se descarta este resultado.



Fuente: Excel –
Elaboración propia

Imagen 32: Tiempo vs N de Generación (30 generaciones) - Mejores padres e hijos

En esta gráfica se observa que el tiempo actúa de forma errática con tendencia al alza, lo que no se puede considerar como un buen comportamiento y no será tomado en cuenta como combinación de elementos esto es posiblemente ocasionado por el elemento que se apodero de la población inicial.

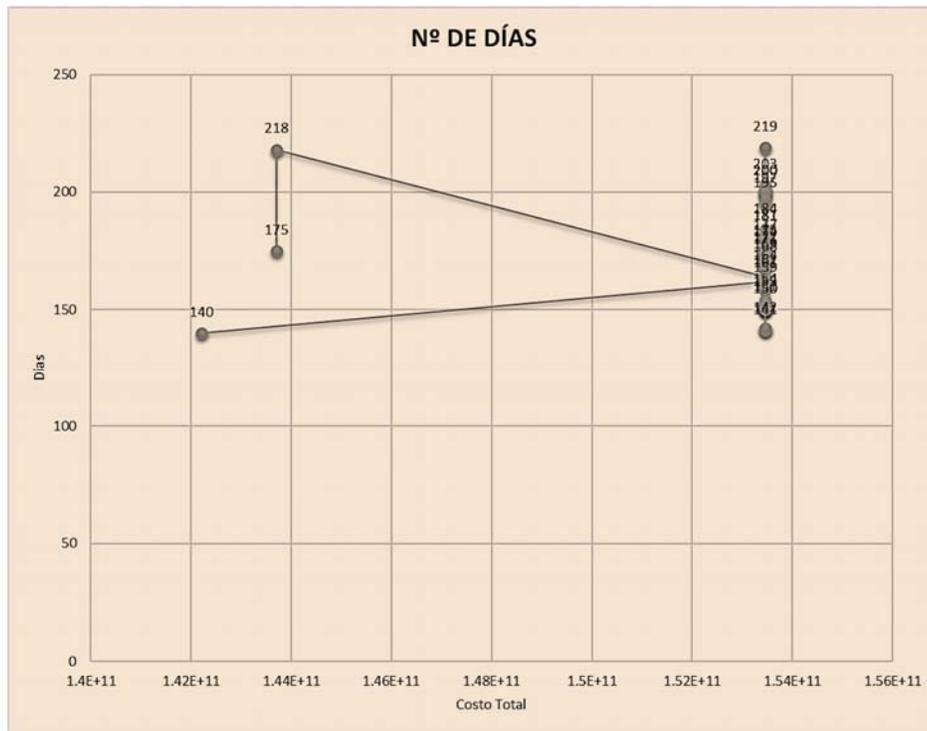


Imagen 33:Costo vs Tiempo (30 generaciones) - Mejores padres e hijos

Fuente: Excel –
Elaboración propia

En esta grafica que es una de las más importantes en el análisis del comportamiento de los algoritmos genéticos dado que se observa el número de días y el precio correspondiente, además en esta gráfica el individuo más apto se encuentra en la parte inferior izquierda que es donde están ubicados la menor cantidad de tiempo y costo.

CASOS EN EL CUAL SE CONSIDERA TIEMPO LÍMITE

En estos casos no se emplea numero límite de generaciones dado que el individuo seguirá evolucionando de generación en generación hasta que encuentre una solución en la cual el tiempo total del proyecto sea menor al tiempo límite establecido, este procedimiento no es recomendado dado que la ecuación que se colocó como limitante no optimiza esta función, pero igual se realizó este análisis para comprobar el comportamiento de los individuos con este punto de vista.

1 CASO: Elitismo

Pob. Inicial	30
N° Generaciones:	30
N° de hijos:	60
% Elitismo:	80

El tiempo total de ejecución fue de 702.328 segundos y se obtuvieron los siguientes resultados:

GENERACIÓN	VALOR
1	1.33902E+11
2	1.2769E+11
3	1.2769E+11
4	1.67875E+11
5	1.67625E+11
6	1.65752E+11
7	2.22814E+11
8	2.04184E+11
9	2.04093E+11
10	2.70967E+11
11	2.70967E+11
12	2.56939E+11
13	3.21099E+11
14	3.20749E+11
15	3.20749E+11

GENERACIÓN	Nº DE DÍAS
1	178
2	186
3	161
4	101
5	85
6	114
7	78
8	74
9	125
10	52
11	52
12	67
13	52
14	52
15	52

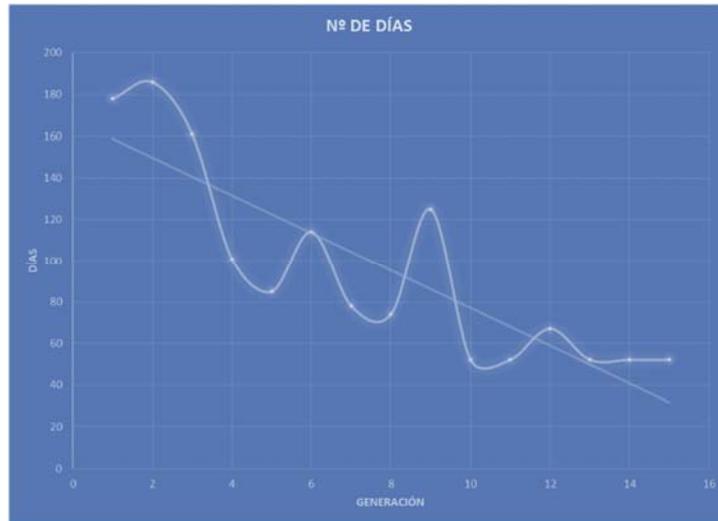
Estos cuadros se explicarán en las siguientes gráficas



Fuente: Excel –
Elaboración propia

Imagen 34: Costo vs N de generación - Elitismo - Con límite de tiempo

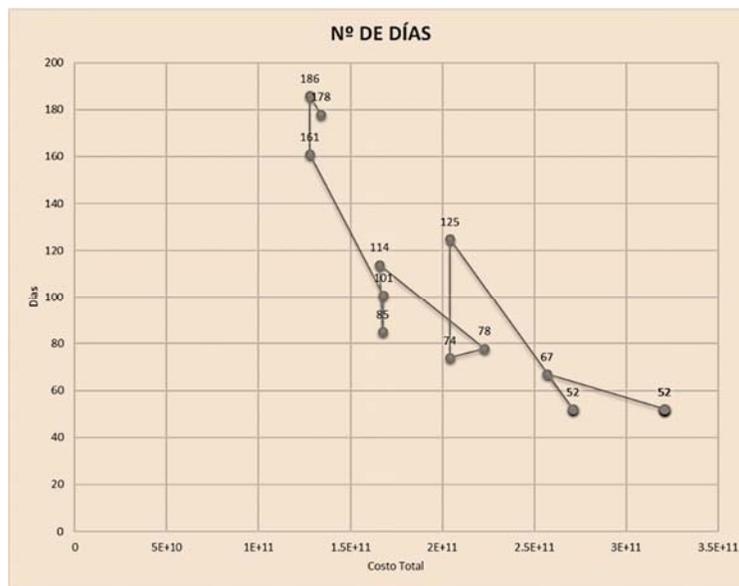
En la gráfica se observa un aumento constante en el costo total, esto es debido a que se está forzando al individuo con fuertes penalizaciones que son de 10^n veces las penalizaciones (n =número de similitudes) cuando no se establece límite de tiempo por eso los elementos del costo tienden a subir.



Fuente: Excel –
Elaboración propia

Imagen 35: Días vs N de generación - Elitismo - Con límite de tiempo

El mismo mecanismo aplicado da como resultado una drástica disminución del tiempo que se detiene cuando el individuo alcanza el tiempo límite o menor.



Fuente: Excel –
Elaboración propia

Imagen 36: Costo vs Días - Elitismo - Con límite de tiempo

En esta grafica que es una de las más importantes en el análisis del comportamiento de los algoritmos genéticos dado que se observa el número de días y el precio correspondiente, además en esta gráfica el individuo más apto se

encuentra en la parte inferior izquierda que es donde están ubicados la menor cantidad de tiempo y costo.

2 CASO: Mejores Padres – Mejores Hijos

Pob. Inicial	30
N° Generaciones:	30
N° de hijos:	60

El tiempo total de ejecución fue de 702.328 segundos y se obtuvieron los siguientes resultados:

GENERACIÓN	VALOR
1	1.2448E+11
2	1.2456E+11
3	1.2426E+11
4	1.5873E+11
5	1.591E+11
6	1.5966E+11
7	2.1395E+11
8	2.1413E+11
9	2.1434E+11
10	2.7029E+11
11	2.622E+11
12	2.6326E+11
13	3.5054E+11
14	3.3558E+11
15	3.3614E+11

GENERACIÓN	Nº DE DÍAS
1	188
2	163
3	140
4	143
5	134
6	138
7	76
8	95
9	70
10	52
11	55
12	62
13	52
14	52
15	52

Estos cuadros se explicarán en las siguientes gráficas

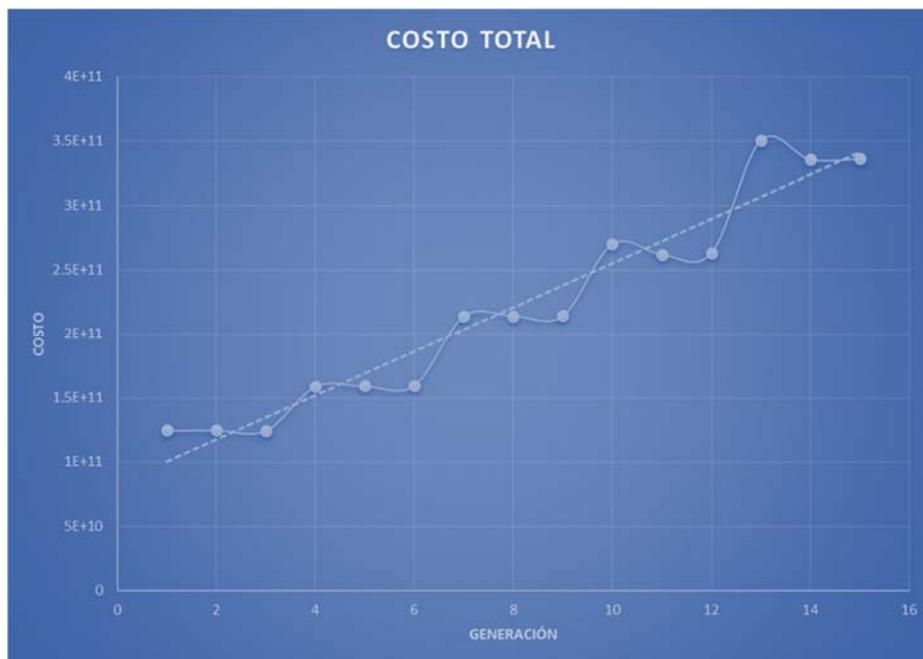


Imagen 37: Costo vs N de generación - Mejores padres e hijos - Con límite de tiempo

Fuente: Excel –
Elaboración propia

En la gráfica se observa un aumento constante en el costo total, esto es debido a que se está forzando al individuo con fuertes penalizaciones que son de 10^n veces las penalizaciones (n =número de similitudes) cuando no se establece límite de tiempo por eso los elementos del costo tienden a subir.

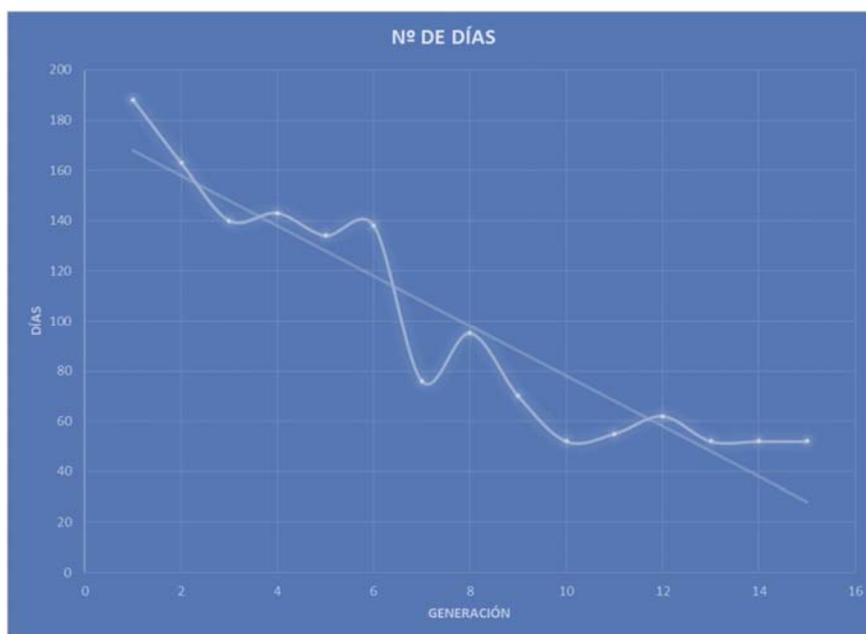
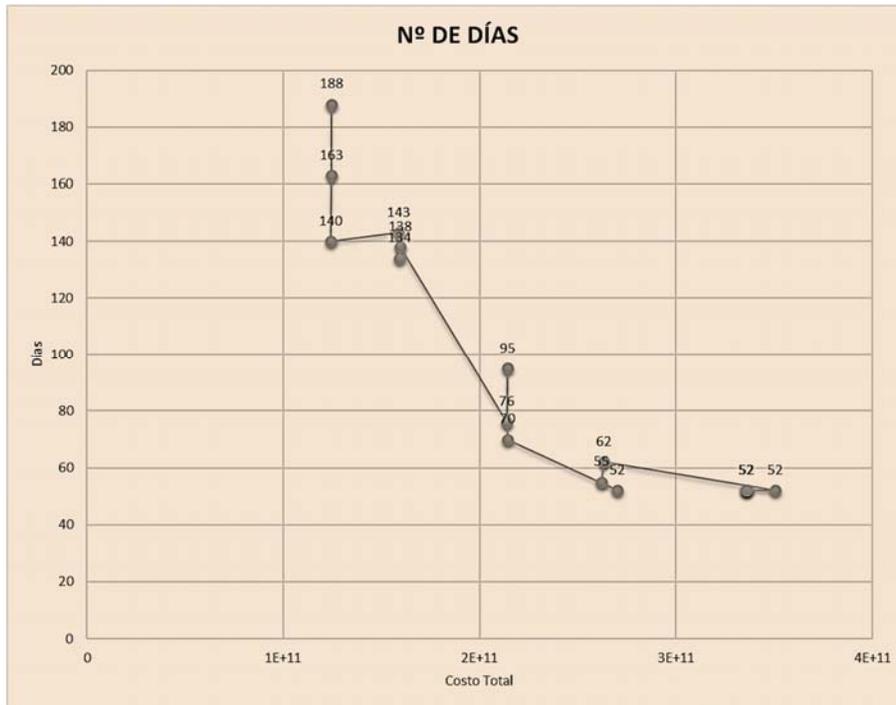


Imagen 38: Días vs N de generación - Mejores padres e hijos - Con límite de tiempo

Fuente: Excel –
Elaboración propia

El mismo mecanismo aplicado da como resultado una drástica disminución del tiempo que se detiene cuando el individuo alcanza el tiempo límite o menor



Fuente: Excel –
Elaboración propia

Imagen 39: Costo vs Días - Mejores padres e hijos - Con límite de tiempo

En esta grafica que es una de las más importantes en el análisis del comportamiento de los algoritmos genéticos dado que se observa el número de días y el precio correspondiente, además en esta gráfica el individuo más apto se encuentra en la parte inferior izquierda que es donde están ubicados la menor cantidad de tiempo y costo.

COMPARACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS PARA ESCOGER EL MEJOR MÉTODO PARA LOS ALGORITMOS GENÉTICOS

Cuando no se incluye tiempo límite

Tiempo

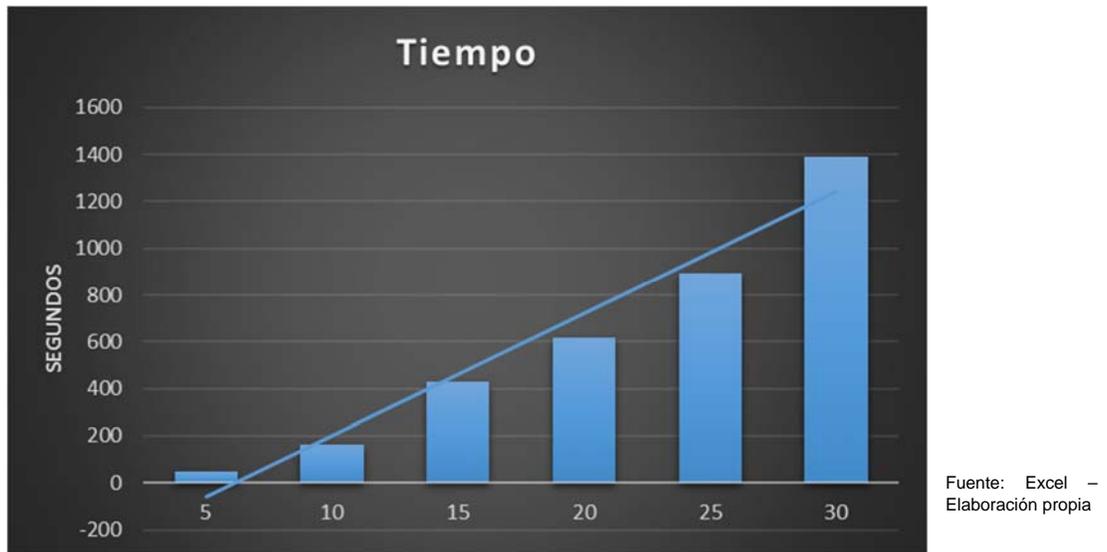


Imagen 40: Tiempo de ejecución vs N de generaciones

Se observa que hay relación directa entre la cantidad de generaciones que ejecuta el programa de Excel y tiempo invertido en ello, por favor tener en cuenta que estos tiempos no son estáticos dado que el tiempo de procesamiento depende directamente de la capacidad de equipo en el cual se procese la información. Es importante mencionar que solo se realizó hasta la 30 generación dado que después de eso tiende a converger en un solo valor.

Máximo y mínimo costo obtenido

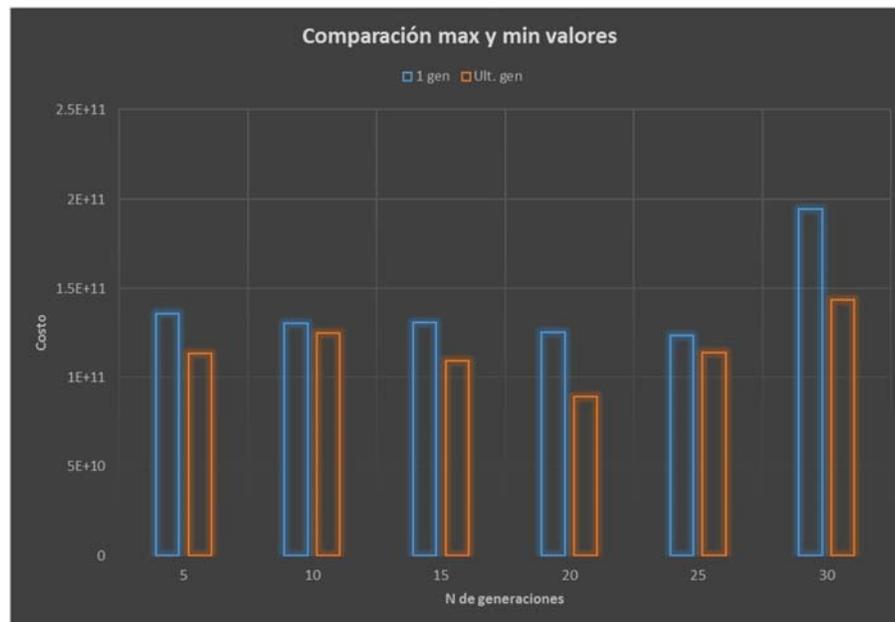


Imagen 41: Costo máx. y min vs N de generaciones

Fuente: Excel – Elaboración propia

Se realizó un gráfico de barras en el cual se comparó el máximo y el mínimo valor obtenido de cada uno de las combinaciones realizadas, se demuestra que casi todas las generaciones comienzan con el mismo valor inicial a excepción del último que genera un valor inicial más elevado, a pesar de eso su valor de adaptación es muy elevado comparado al respecto de los demás.

Dado que es más conveniente realizar el proceso en el menor tiempo posible y obtener el mayor beneficio posible se observa que el algoritmo con 20 generaciones es el más apto para realizar tomando en cuenta el proceso de adaptación.

Se demuestra que los peores valores son los obtenidos por la generación de 10 y 25 algoritmos siendo incluso superados por el de 5 generaciones cuyo valor de adaptación es mucho más alto.

Máximo y mínimo tiempo de ejecución

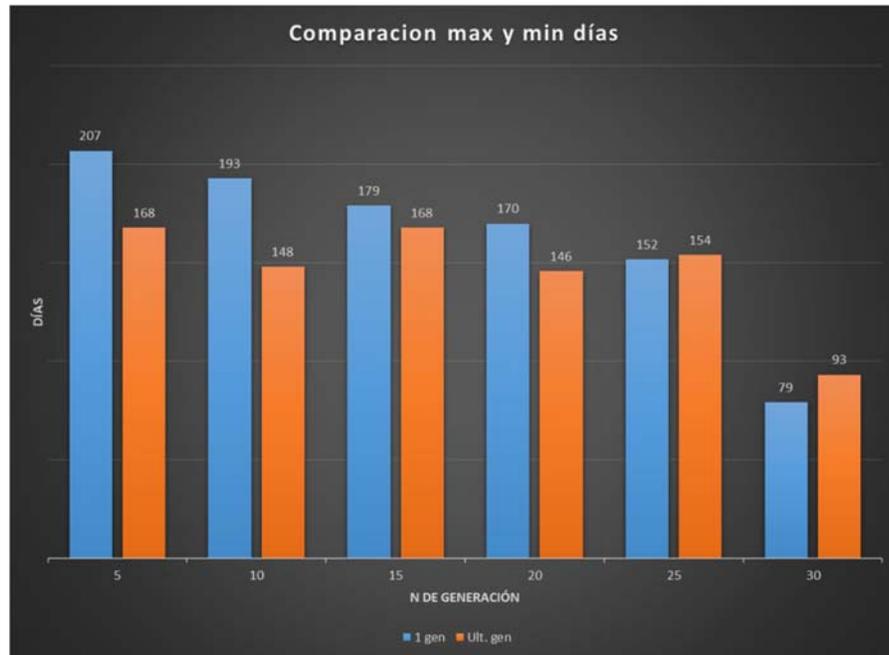


Imagen 42: Tiempo máx. y min vs N de generaciones

Fuente: Excel – Elaboración propia

Se realizó un gráfico de barras en el cual se comparó el máximo y el mínimo valor obtenido de cada uno de las combinaciones realizadas, se demuestra que a menor número de generaciones tiende a tener un mayor número de días de comienzo y final del algoritmo.

Dado que es más conveniente realizar el proceso en el menor tiempo posible y obtener el mayor beneficio posible se observa que el algoritmo con 10 generaciones es el más apto para realizar tomando en cuenta el proceso de adaptación.

Se demuestra que los peores valores son los obtenidos por la generación de 15 y 25 algoritmos siendo incluso superados por el de 5 generaciones cuyo valor de adaptación es mucho más alto.

SELECCIÓN DEL MÉTODO A UTILIZAR

Después de analizar los resultados de las combinaciones realizadas se eligió el método consistente en 20 individuos de población inicial, 20 generaciones con 40 hijos por generación con el método del elitismo.

Primero se trató de elegir el método de los 30 individuos de población inicial, 30 generaciones con 60 hijos por generación con el método del elitismo dado que presenta un menor valor inicial, pero se desistió porque aparte de que presenta una mayor cantidad de tiempo necesario para realización del análisis este tiende a estabilizarse a las 25 generaciones y se obtienen mejores opciones con la primera opción que es más eficiente en los demás sentidos.

ENSAYOS REALIZADOS CON LOS ALGORITMOS GENÉTICOS – CASO I

Para la obtención de los resultados se generaron 3 modelos los cuales se promediaron para obtener el resultado que represente un equilibrio de ambos, el resultado de las ejecuciones del programa se muestra a continuación

1 ENSAYO

Se ejecutó durante 1063.562 segundos y el mejor individuo nació en la generación número 14 con un valor de 1.16287E+11 con una duración de 163 días.

GENERACIÓN	VALOR
1	1,25499E+11
2	1,25499E+11
3	1,25499E+11
4	1,25499E+11
5	1,22597E+11
6	1,19778E+11
7	1,19778E+11
8	1,25628E+11
9	1,23731E+11
10	1,23731E+11
11	1,21015E+11
12	1,21015E+11
13	1,16287E+11
14	1,16287E+11
15	1,16628E+11
16	1,17218E+11
17	1,21767E+11
18	1,21767E+11
19	1,1852E+11
20	1,17951E+11

GENERACIÓN	Nº DE DÍAS
1	166
2	166
3	166
4	166
5	166
6	197
7	209
8	163
9	202
10	235
11	235
12	229
13	229
14	163
15	163
16	180
17	200
18	231
19	242
20	244

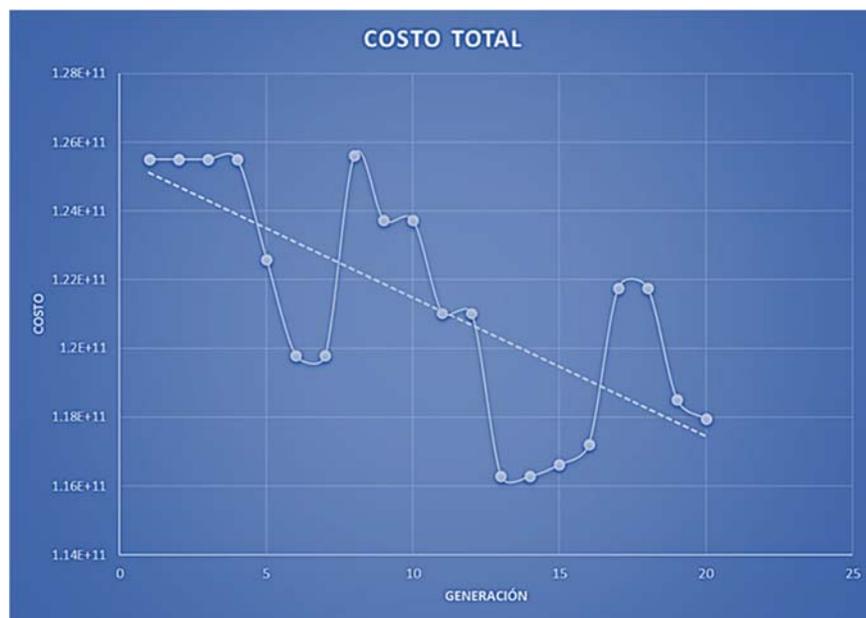
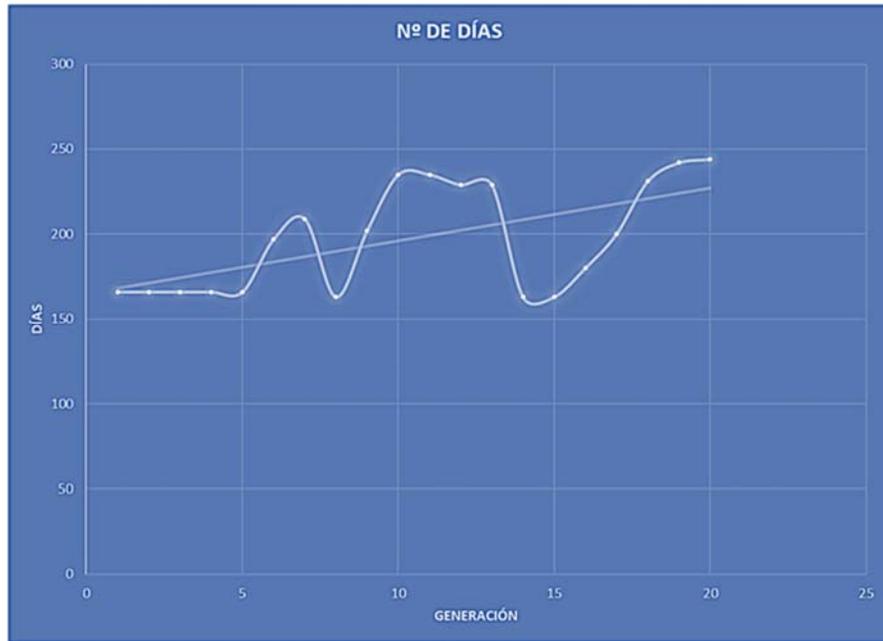


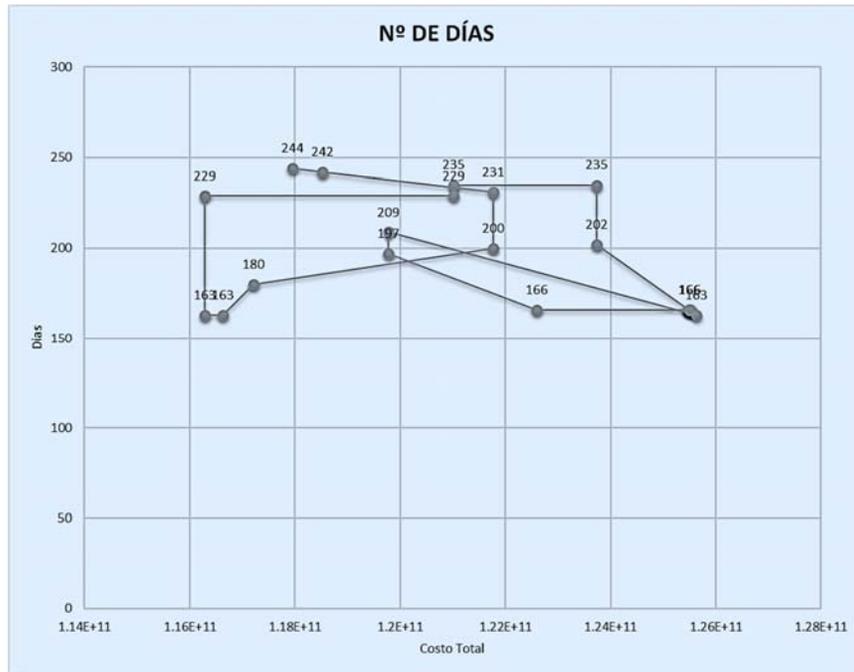
Imagen 43: Costo Vs N de generación - 1 ensayo

Fuente: Excel – Elaboración propia



Fuente: Excel – Elaboración propia

Imagen 44: Días vs N de generación - 1 ensayo



Fuente: Excel – Elaboración propia

Imagen 45: Costo vs Días - 1 ensayo

2 ENSAYO

Se ejecutó durante 1066.226 segundos y el mejor individuo nació en la generación número 18 con un valor de 1.21138E+11 con una duración de 160 días.

GENERACIÓN	VALOR
1	1,2738E+11
2	1,3327E+11
3	1,3327E+11
4	1,2731E+11
5	1,2241E+11
6	1,2241E+11
7	1,2435E+11
8	1,2114E+11
9	1,2095E+11
10	1,2095E+11
11	1,2114E+11
12	1,2114E+11
13	1,2114E+11
14	1,2114E+11
15	1,2114E+11
16	1,2114E+11
17	1,2114E+11
18	1,1859E+11
19	1,1859E+11
20	1,1612E+11

GENERACIÓN	Nº DE DÍAS
1	169
2	176
3	176
4	176
5	156
6	186
7	189
8	189
9	160
10	169
11	160
12	160
13	160
14	160
15	160
16	160
17	160
18	160
19	187
20	187

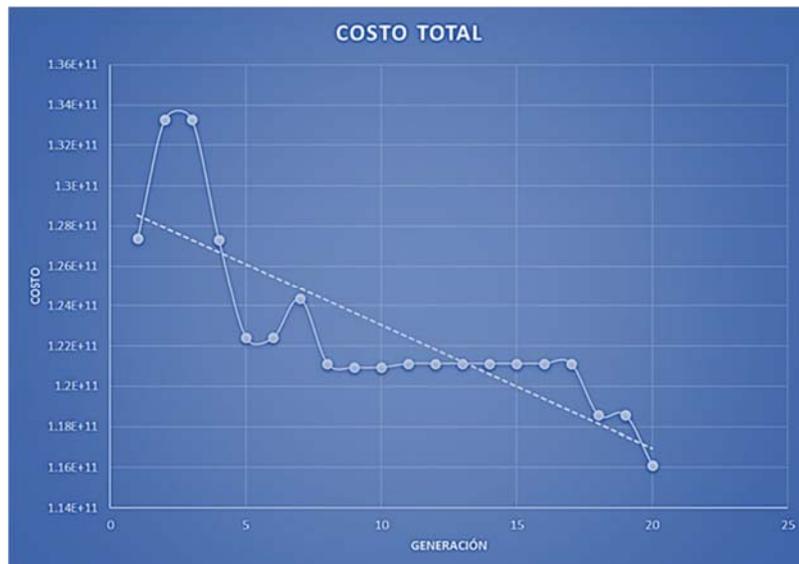
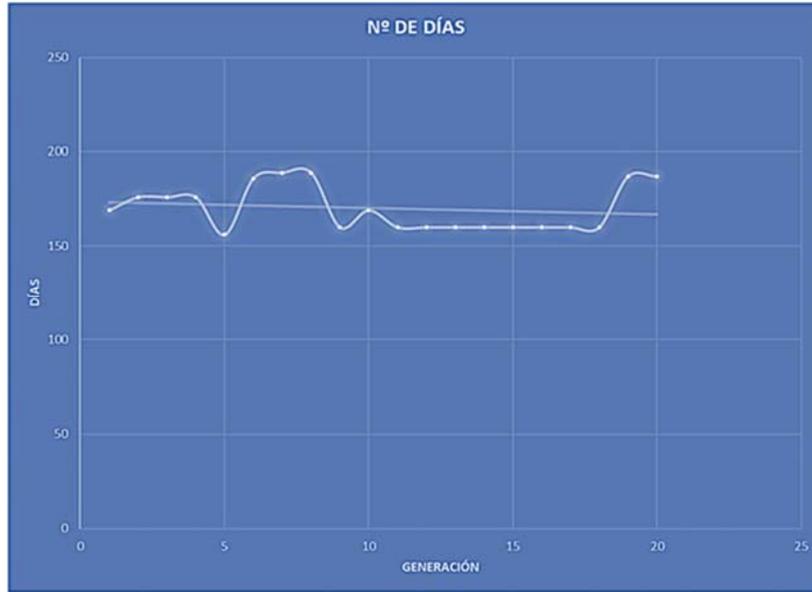


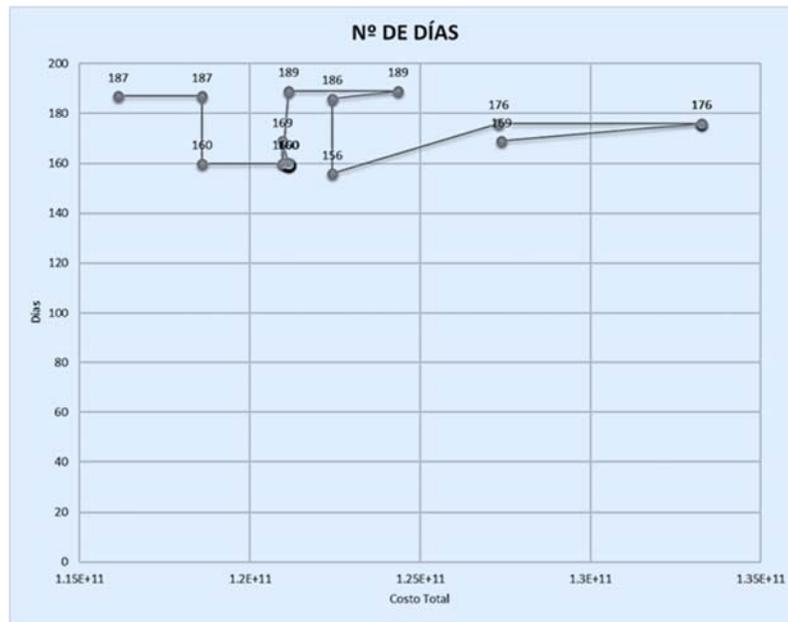
Imagen 46: Costo Vs N de generación - 2 ensayo

Fuente: Excel – Elaboración propia



Fuente: Excel – Elaboración propia

Imagen 47: Días vs N de generación - 2 ensayo



Fuente: Excel – Elaboración propia

Imagen 48: Costo vs Días - 2 ensayo

3 ENSAYO

Se ejecutó durante 1054.601 segundos y el mejor individuo nació en la generación número 14 con un valor de 1.36185E+11 con una duración de 174 días.

GENERACIÓN	VALOR
1	1,26508E+11
2	1,29887E+11
3	1,36185E+11
4	1,36185E+11
5	1,36185E+11
6	1,36185E+11
7	1,36185E+11
8	1,36185E+11
9	1,36185E+11
10	1,36185E+11
11	1,36185E+11
12	1,36185E+11
13	1,36185E+11
14	1,19281E+11
15	1,12779E+11
16	1,12779E+11
17	1,18284E+11
18	1,19633E+11
19	1,21173E+11
20	1,21173E+11

GENERACIÓN	Nº DE DÍAS
1	166
2	174
3	174
4	174
5	174
6	174
7	174
8	174
9	174
10	174
11	174
12	174
13	174
14	174
15	258
16	215
17	215
18	220
19	265
20	265

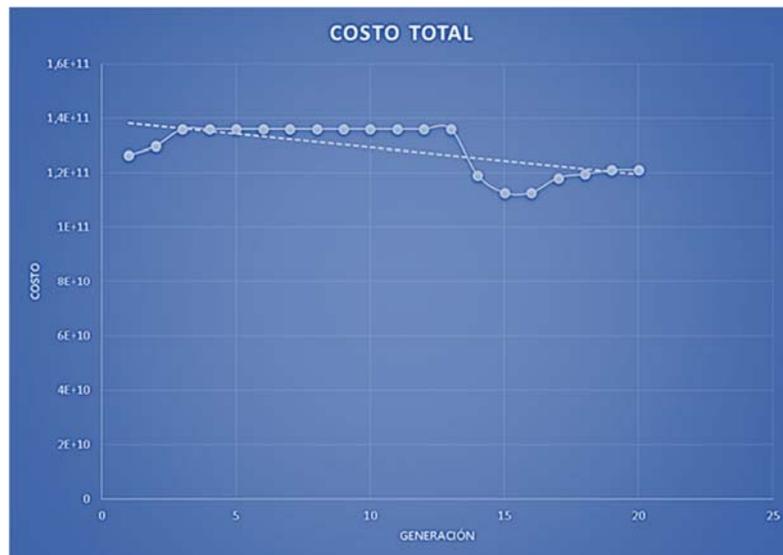
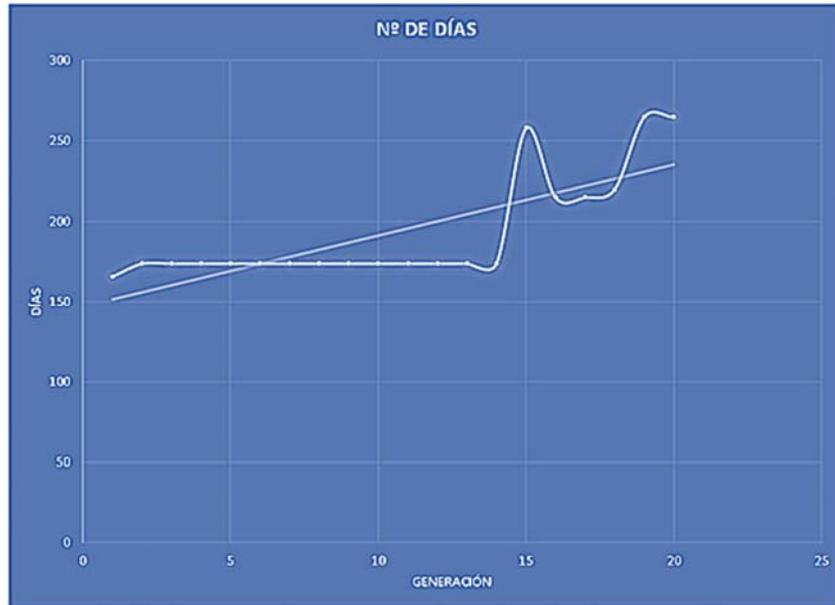


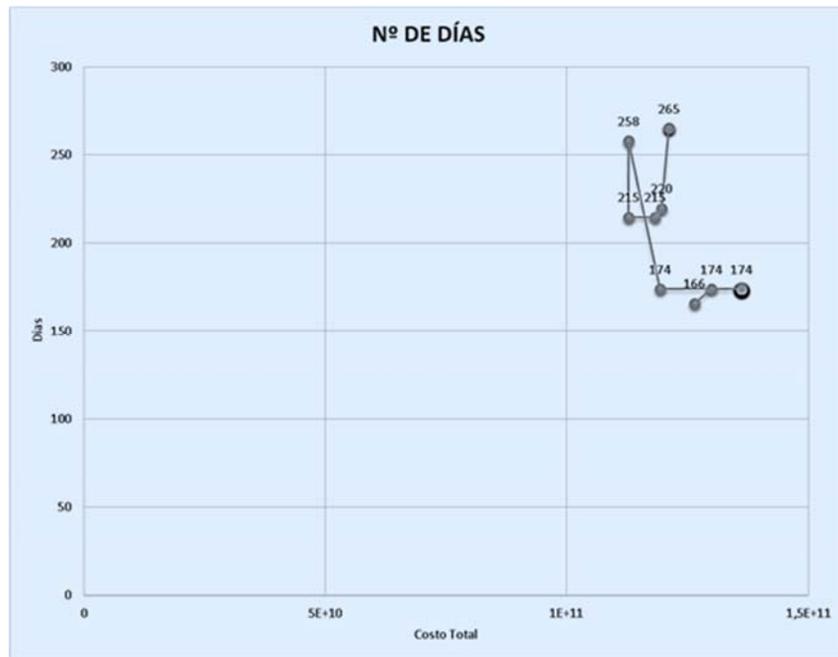
Imagen 49: Costo Vs N de generación - 3 ensayo

Fuente: Excel – Elaboración propia



Fuente: Excel – Elaboración propia

Imagen 50: Días vs N de generación - 3 ensayo



Fuente: Excel – Elaboración propia

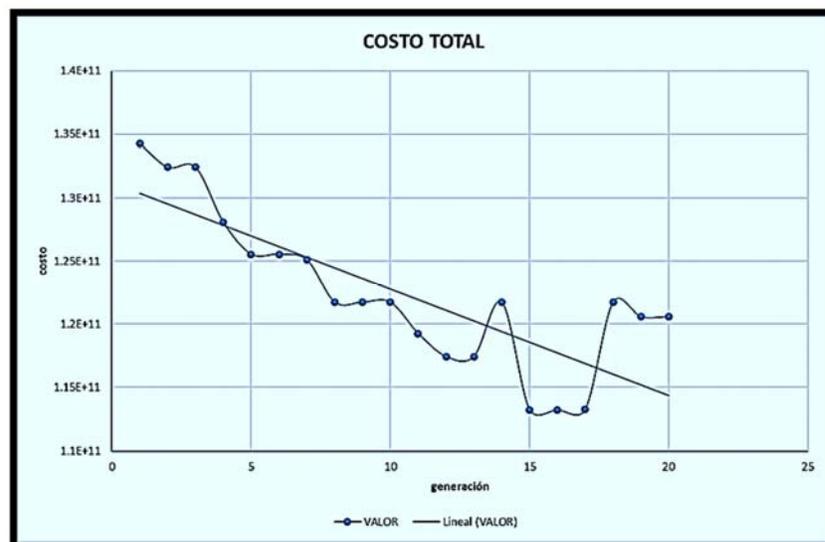
Imagen 51: Costo vs Días - 3 ensayo

4 ENSAYO

Se ejecutó durante 584.708 segundos y el mejor individuo nació en la generación número 15 con un valor de 1,13222E+11 con una duración de 167 días.

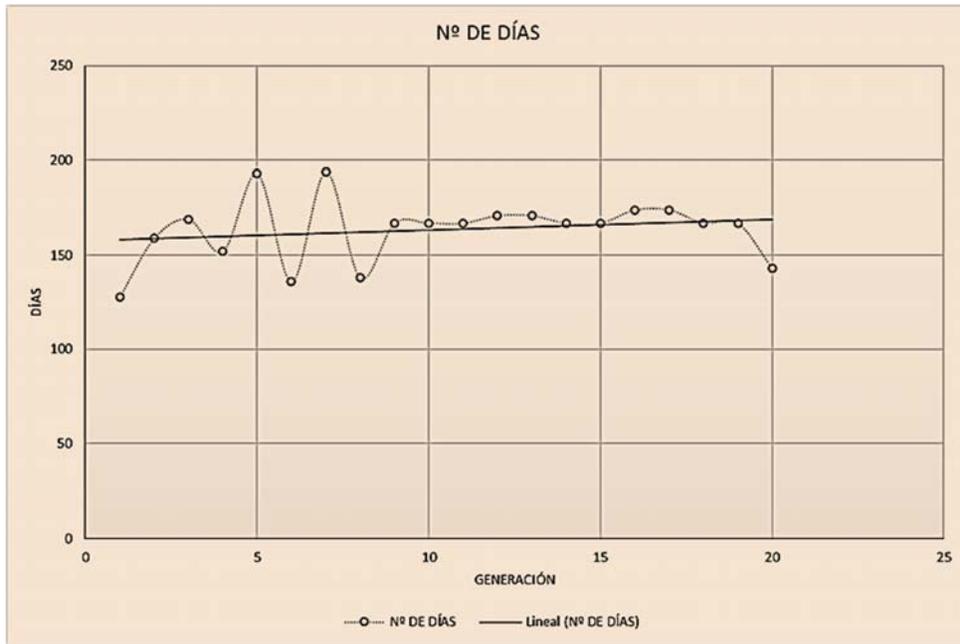
GENERACIÓN	Nº DE DÍAS
1	128
2	159
3	169
4	152
5	193
6	136
7	194
8	138
9	167
10	167
11	167
12	171
13	171
14	167
15	167
16	174
17	174
18	167
19	167
20	143

GENERACIÓN	VALOR
1	1,3426E+11
2	1,3242E+11
3	1,3242E+11
4	1,2807E+11
5	1,2555E+11
6	1,2555E+11
7	1,251E+11
8	1,2173E+11
9	1,2173E+11
10	1,2173E+11
11	1,1925E+11
12	1,1743E+11
13	1,1743E+11
14	1,2173E+11
15	1,1322E+11
16	1,1322E+11
17	1,1323E+11
18	1,2173E+11
19	1,2057E+11
20	1,2057E+11



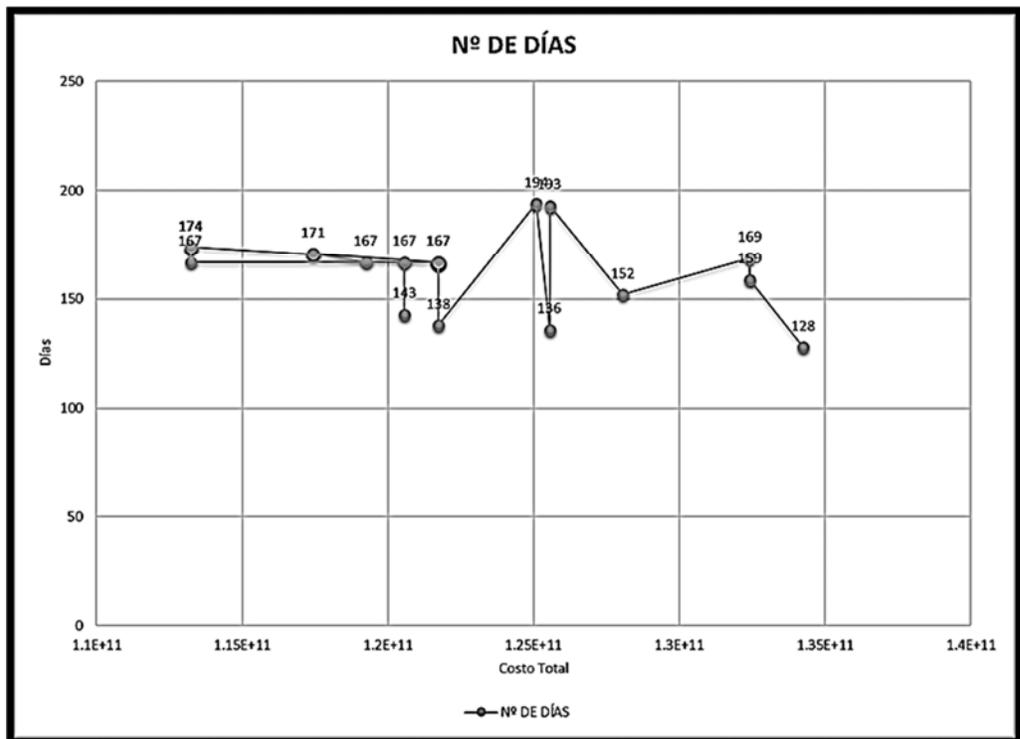
Fuente: Excel - Elaboración propia

Imagen 52: Costo Vs N de generación - 4 ensayo



Fuente: Excel – Elaboración propia

Imagen 53: Días vs N de generación - 4 ensayo



Fuente: Excel – Elaboración propia

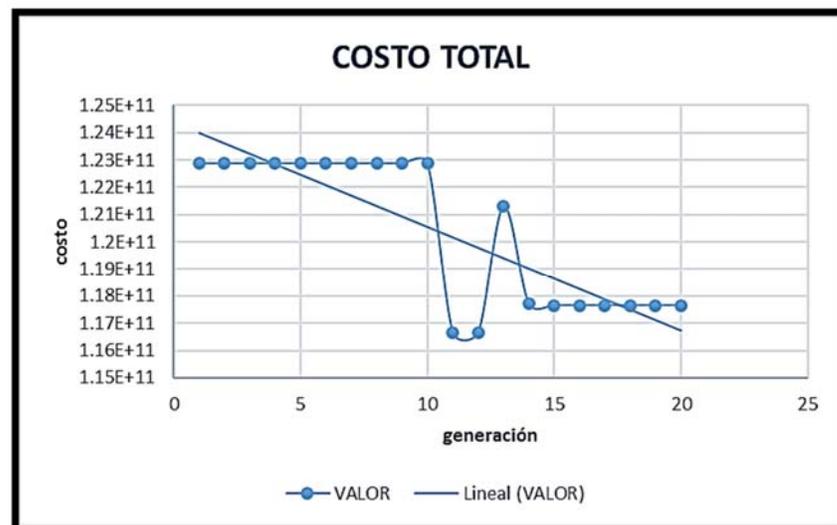
Imagen 54: Costo vs Días - 4 ensayo

5 ENSAYO

Se ejecutó durante 601.02685 segundos y el mejor individuo nació en la generación número 11 con un valor de 1,16648E+11 con una duración de 157 días.

GENERACIÓN	VALOR
1	1,2289E+11
2	1,2289E+11
3	1,2289E+11
4	1,2289E+11
5	1,2289E+11
6	1,2289E+11
7	1,2289E+11
8	1,2289E+11
9	1,2289E+11
10	1,2289E+11
11	1,1665E+11
12	1,1665E+11
13	1,2131E+11
14	1,1771E+11
15	1,1766E+11
16	1,1766E+11
17	1,1766E+11
18	1,1766E+11
19	1,1766E+11
20	1,1766E+11

GENERACIÓN	Nº DE DÍAS
1	157
2	157
3	157
4	157
5	157
6	157
7	157
8	157
9	157
10	157
11	157
12	198
13	157
14	198
15	212
16	212
17	212
18	212
19	212
20	212



Fuente: Excel –
Elaboración propia

Imagen 55: Costo Vs N de generación - 5 ensayo

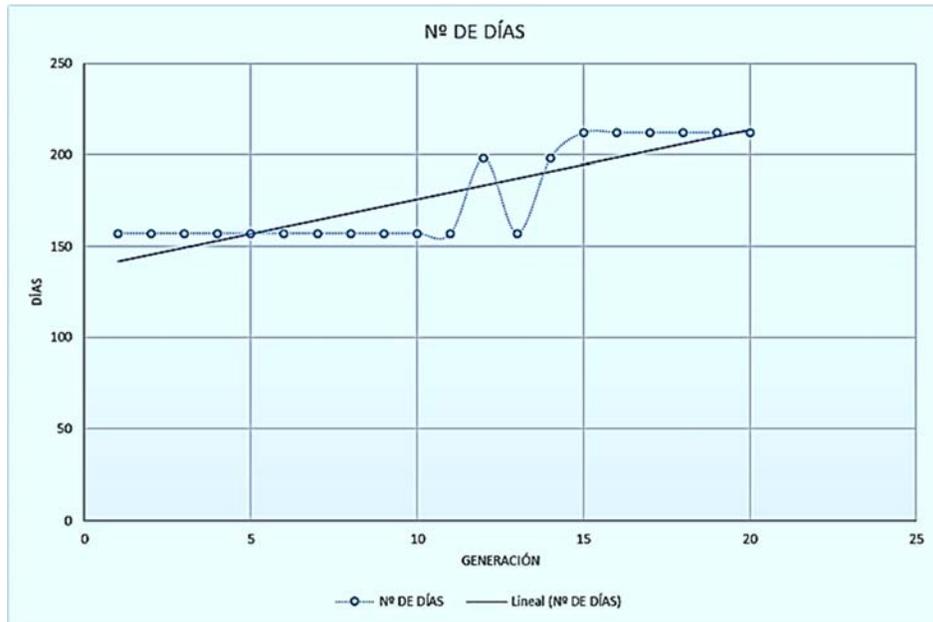


Imagen 56: Días vs N de generación - 5 ensayo

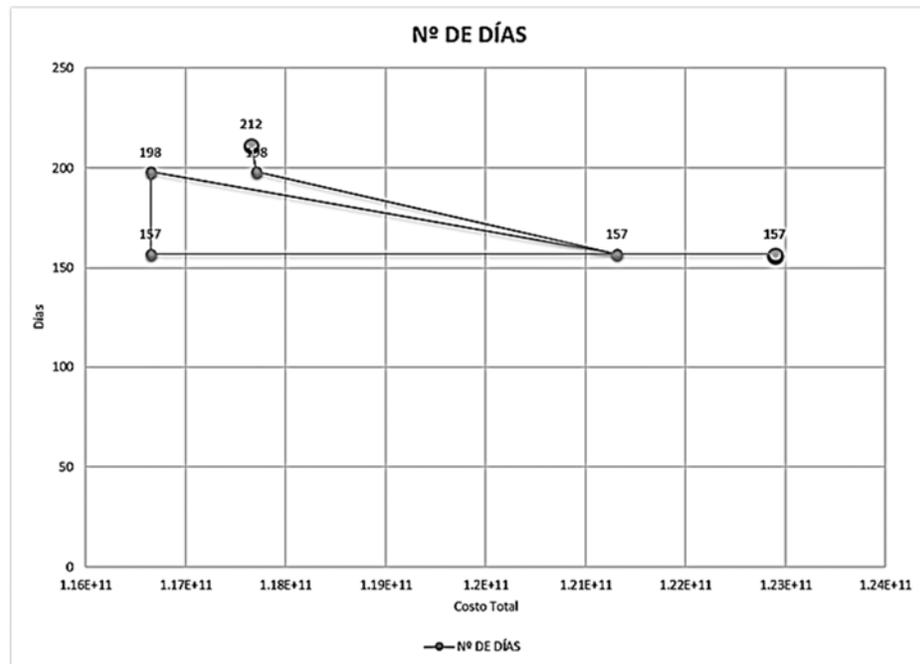


Imagen 57: Costo vs Días - 5 ensayo

Fuente: Excel
Elaboración propia

ESTUDIO DE CASO II

En nombre del proyecto es “Construcción de veredas y pavimentación de la avenida Camino Real, del C.P. San Isidro – Del Distrito Imperial – Cañete – Lima”.

El expediente fue obtenido del SNIP con código 77590.

En el cual se establecieron los siguientes objetivos:

- Mejorar la Infraestructura vial de la zona.
- Construcción de pavimento flexible
- Facilitar el tránsito vehicular y peatonal del lugar.
- Construcción de veredas

Este es el procedimiento para la programación del proyecto vías con los datos entregados por el proyectista para la realización de la programación de obra.

1. Metrados

CÓDIGO	ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO
	01	VEREDAS		
	01.01	OBRAS PRELIMINARES		
1	01.01.01	TRAZO, NIVELACIÓN Y REPLANTEO	M2	564,85
2	01.01.02	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	GLB	564,85
	01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
3	01.02.01	CORTE SUPERFICIAL MANUAL HASTA 0.10 MT	M3	56,48
4	01.02.02	NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE PARA VEREDAS	M2	329,35
5	01.02.03	AFIRMADO DE 4" PARA VEREDAS	M2	329,35
6	01.02.04	EXCAVACIÓN DE ZANJA PARA SARDINELES	M	126,73
7	01.02.05	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA	M3	176,50
	01.03	CONCRETO SIMPLE		
8	01.03.01	CONCRETO EN VEREDA F'C=140 KG/CM2 E=4" INC. ACABADO 1:4	M2	303,46
9	01.03.02	CONCRETO EN SARDINEL F'C=140 KG/CM2	M3	7,67
10	01.03.03	CONCRETO EN RAMPA F'C=140 KG/CM2 E=4" INC. ACABADO BRUÑADO	M2	25,89
11	01.03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN VEREDA	M2	153,03
12	01.03.05	TRANSPORTE A OBRA EL MATERIAL	GLB	303,46
	01.04	ÁREAS VERDES		
13	01.04.01	ÁREAS VERDES	M2	235,50
	01.05	PRUEBAS DE LABORATORIO		
14	01.05.01	ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO	GLB	5,00
15	01.05.02	ENSAYO DE DISEÑOS DE MEZCLA	GLB	5,00
	01.06	OTROS		
16	01.06.01	JUNTAS DE DILATACIÓN CON ASFALTO	M	188,28
17	01.06.02	CURADO DE VEREDA (INC. ARROCERRA)	M2	564,85
	02	PAVIMENTACIÓN		
	02.01	OBRAS PRELIMINARES		
18	02.01.01	MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS DE MOVIMIENTO DE TIERRA	GLB	1,00

19	02.01.02	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS DE PAVIMENTACIÓN	GLB	1,00
20	02.01.03	CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA DE 3.60X2.40 M	GLB	1,00
21	02.01.04	MANTENIMIENTO DE TRANSITO	GLB	2,00
22	02.01.05	TRAZO, NIVELACIÓN Y REPLANTEO DE LA VÍA	M2	936,01
23	02.01.06	COSTOS DE OPERACIÓN	GLB	936,01
	02.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
24	02.02.01	EXCAVACIÓN A NIVELACIÓN DE SUBRASANTE CON EQUIPO	M3	381,94
25	02.02.02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	496,52
26	02.02.03	SUBRASANTE MEJORADO CON MATERIAL DE CANTERA	M2	731,98
	02.03	PAVIMENTO		
27	02.03.01	BASE DE 0.20M	M2	731,98
28	02.03.02	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	M2	731,98
29	02.03.03	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 2"	M2	698,37
30	02.03.04	TRANSPORTE A OBRA EL MATERIAL	GLB	698,47
	02.04	SEÑALIZACIÓN		
31	02.04.01	PINTURA DE LÍNEA Y SEÑALIZACIONES EN EL PAVIMENTO	M	334,29
32	02.04.02	PINTURA DE PASO PEATONAL Y SÍMBOLOS DIRECCIONALES	M2	180,00
	02.05	OBRAS AMBIENTALES		
33	02.05.01	CONFORMACIÓN DE MATERIAL DE MATERIAL ELIMINADO EN BOTADERO	M3	496,52
34	02.05.02	READECUACIÓN AMBIENTAL DE CANTERA, CAMPAMENTO Y ALMACENES	GLB	500,00

Fuente: SNIP 77590

Para la colocación de estos datos en la pestaña de Excel, se colocarán solo las partidas dados que el sistema presenta errores cuando se agregan los subtítulos.

2. Extraer los rendimientos y precios unitarios de cada elemento de la partida.

INSUMO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TIPO
1	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	HH	11,95	MANO DE OBRA
2	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	HH	12,00	MANO DE OBRA
3	TOPÓGRAFO	HH	12,00	MANO DE OBRA
4	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO	GLB	7868,00	MANO DE OBRA
5	EQUIPO	GLB	1000,00	MANO DE OBRA
6	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN	HH	12,10	MANO DE OBRA
7	CAPATAZ	HH	11,95	MANO DE OBRA
8	OPERARIO	HH	10,64	MANO DE OBRA
9	OFICIAL	HH	9,61	MANO DE OBRA
10	PEÓN	HH	14,00	MANO DE OBRA
11	CONTROLADOR OFICIAL	GLB	0,32	MANO DE OBRA
12	MANO DE OBRA (GAST. OPERAC.)	KG	3,75	MATERIALES

13	ALAMBRE NEGRO Nº 8 CLAVOS CON CABEZA P/CONSTRUCCIÓN	KG	3,75	MATERIALES
14	PROMEDIO	KG	3,30	MATERIALES
15	CLAVOS DE ACERO(PROMEDIO)	M3	30,00	MATERIALES
16	ARENA FINA	M3	55,00	MATERIALES
17	ARENA GRUESA	M3	30,00	MATERIALES
18	TIERRA DE CHACRA	M3	90,00	MATERIALES
19	PIEDRA CHANCADA 1/2" - 3/4"	GAL	10,60	MATERIALES
20	ASFALTO RC-250	GAL	5,50	MATERIALES
21	ASFALTO RC-250 PARA JUNTA Y I/FLETE	M3	380,00	MATERIALES
22	MEZCLA ASFÁLTICA	M2	7,20	MATERIALES
23	COLOCACIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA 2"	BOL	18,50	MATERIALES
24	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 KG)	BOL	18,50	MATERIALES
25	CEMENTO PORTLAND TIPO MS	BOL	5,04	MATERIALES
26	YESO X20KG.	M	0,10	MATERIALES
27	CORDEL	BOL	9,00	MATERIALES
28	YESO DE 28KG	M3	15,00	MATERIALES
29	AGUA	M3	12,68	MATERIALES
30	TRANSPORTE DE MATERIALES EXCEDENTE	M3	70,00	MATERIALES
31	MATERIAL DE AFIRMADO	M3	15,00	MATERIALES
32	AGUA	KG	0,50	MATERIALES
33	HUMUS	KG	1,74	MATERIALES
34	UREA	GLB	1000,00	MATERIALES
35	MANTENIMIENTO DE TRANSITO	P2	3,35	MATERIALES
36	MADERA TORNILLO	P2	3,00	MATERIALES
37	ESTACA	GAL	11,00	MATERIALES
38	KEROSENE INDUSTRIAL	M2	8,00	MATERIALES
39	GRASS	GAL	30,00	MATERIALES
40	PINTURA ESMALTE	GAL	35,00	MATERIALES
41	DISOLVENTE - THINER	GAL	60,00	MATERIALES
42	PINTURA DE TRAFICO	UND	550,00	MATERIALES
43	CARTEL DE OBRA DE 3.60MX2.40M	%%	578,86	EQUIPOS
44	HERRAMIENTAS MANUALES	UND	350,00	EQUIPOS
45	DISEÑO DE MEZCLA	UND	350,00	EQUIPOS
46	PRUEBAS DE CALIDAD DE CONCRETO	UND	3,00	EQUIPOS
47	ROTURA	HM	30,00	EQUIPOS
48	MIRAS PLEGABLES DE 1MT	HM	148,00	EQUIPOS
49	EQUIPO DE PINTURA	HM	245,50	EQUIPOS
50	CAMIÓN VOLQUETE 6X4330 HP 10 M3	M3	3,07	EQUIPOS
51	CAMIÓN VOLQUETE 12 M3	HM	117,00	EQUIPOS
52	CARGIO DE MATERIAL EXCEDENTE	HM	82,28	EQUIPOS
53	VOLQUETE DE 12 M3	HM	118,00	EQUIPOS
54	RODILLO LISO VIBR. AUTOP 101 - 135 HP 10-	HM	215,50	EQUIPOS
55	12 T	HM	180,00	EQUIPOS
56	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3	HM	10,50	EQUIPOS
57	TRACTOR DE ORUGAS DE 190 - 240 HP	HM	122,84	EQUIPOS
58	CARGADOR FRONTALS/LL 100-25 7-2.5 YD3	HM	20,80	EQUIPOS
59	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.4"	HM	25,00	EQUIPOS
60	MOTONIVELADORA DE 130-135 HP	HM	0,48	EQUIPOS
61	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18 HP	HM	60,22	EQUIPOS
62	11P3	HH	148,00	EQUIPOS
63	PLANCHA COMPACTADORA	HM	10,00	EQUIPOS
64	EQUIPO ENSAY CONO DE DENSIDAD DE ARENA CAMIÓN IMPRIMIDOR 6X2 178 - 210 HP 1800G CAMIÓN IMPRIMIDOR 6X2 178 - 210 HP 1800G TEODOLITO Y MIRA NIVEL TOPOGRÁFICO	HM	10,00	EQUIPOS

Fuente: SNIP 77590

ENSAYOS REALIZADOS CON LOS ALGORITMOS GENÉTICOS – CASO II

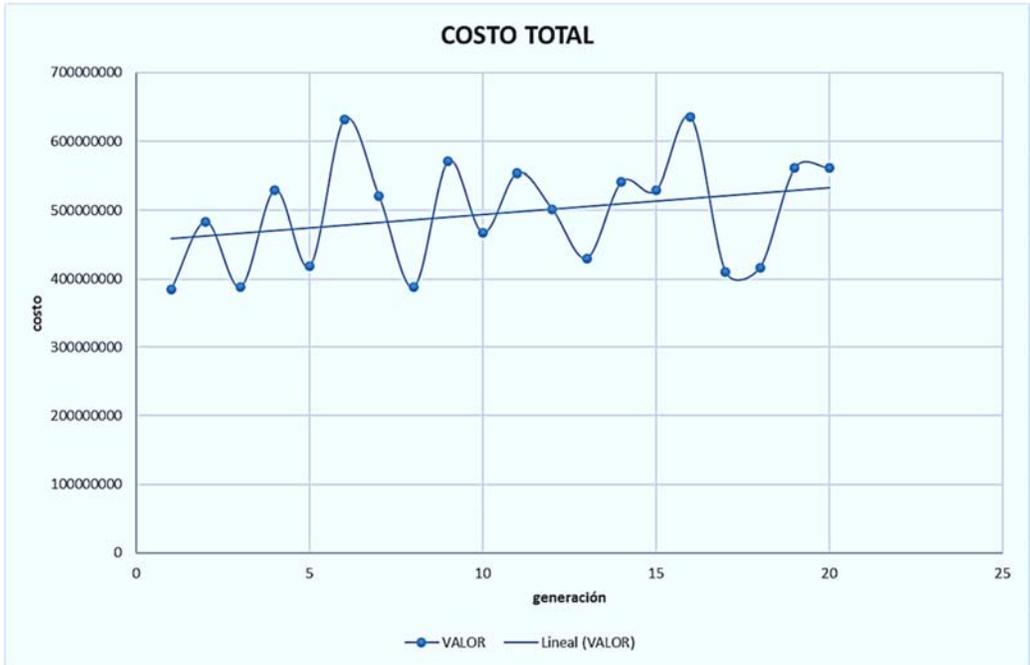
Para la obtención de los resultados se generaron 3 modelos los cuales se promediaron para obtener el resultado que represente un equilibrio de ambos, el resultado de las ejecuciones del programa se muestra a continuación

1 ENSAYO

Se ejecutó durante 436.078125 segundos y el mejor individuo nació en la generación número 18 con un valor de 417144439,5 con una duración de 47 días.

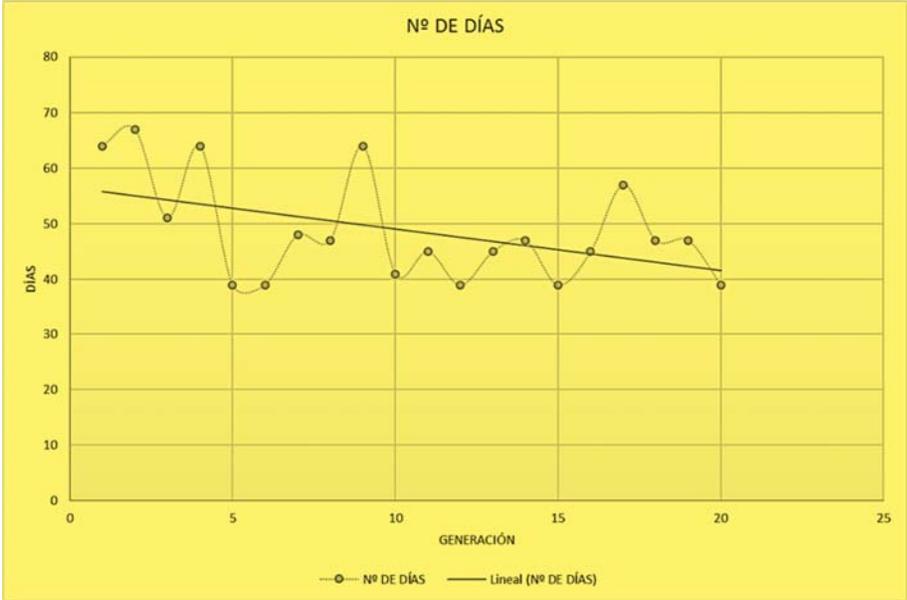
GENERACIÓN	VALOR
1	385249264,5
2	483607043,5
3	388414650,9
4	529963348,5
5	418794209,6
6	631883097,3
7	520830909,8
8	388414650,9
9	571061154,6
10	467523147,3
11	554495719,3
12	501715236,7
13	430545596
14	541364676,7
15	529179852,1
16	634784755,1
17	410888013
18	417144439,5
19	560903905,4
20	560903905,4

GENERACIÓN	Nº DE DÍAS
1	64
2	67
3	51
4	64
5	39
6	39
7	48
8	47
9	64
10	41
11	45
12	39
13	45
14	47
15	39
16	45
17	57
18	47
19	47
20	39



Fuente: Excel – Elaboración propia

Imagen 58: Costo Vs N de generación - 1 ensayo



Fuente: Excel – Elaboración propia

Imagen 59: Días vs N de generación - 1 ensayo

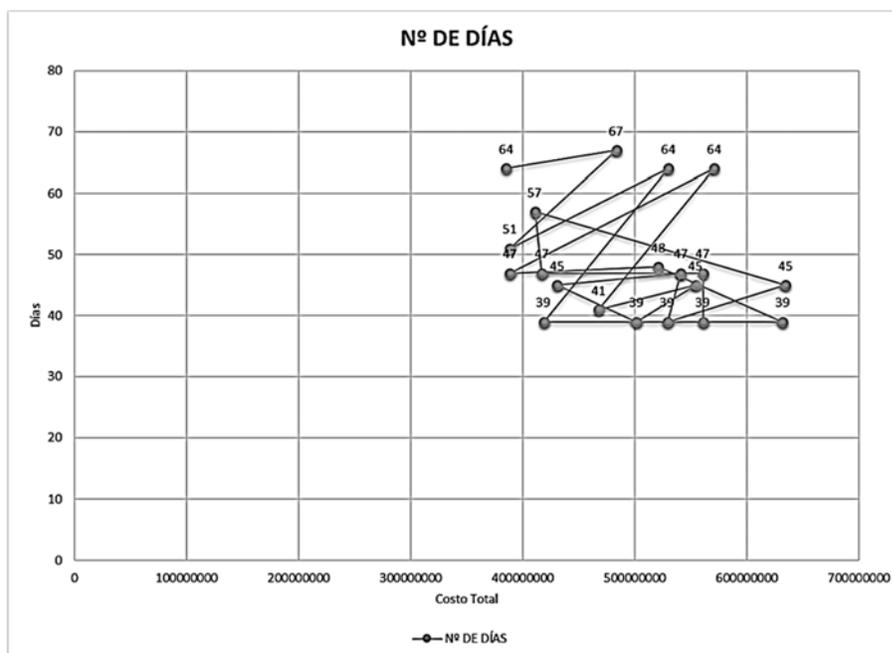


Imagen 60: Costo vs Días - 1 ensayo

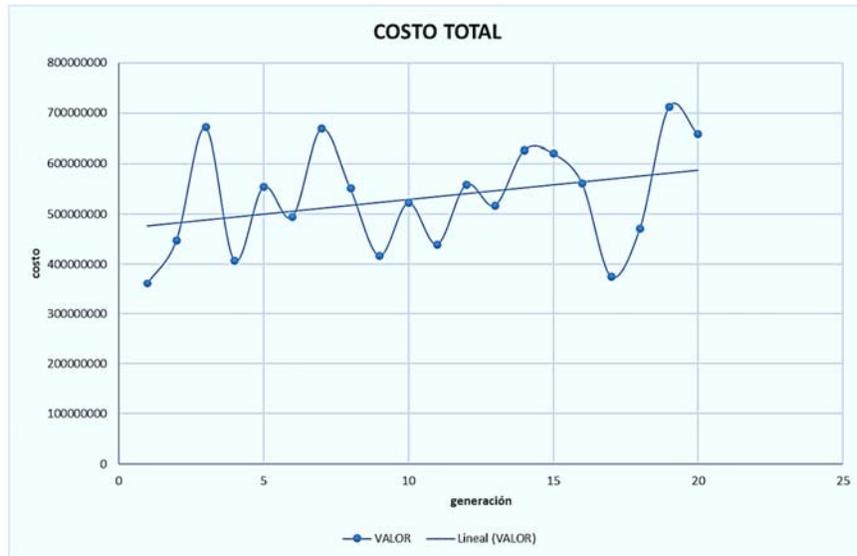
Fuente: Excel – Elaboración propia

2 ENSAYO

Se ejecutó durante 427.931640625 segundos y el mejor individuo nació en la generación número 17 con un valor de 375085519,907594 con una duración de 39 días.

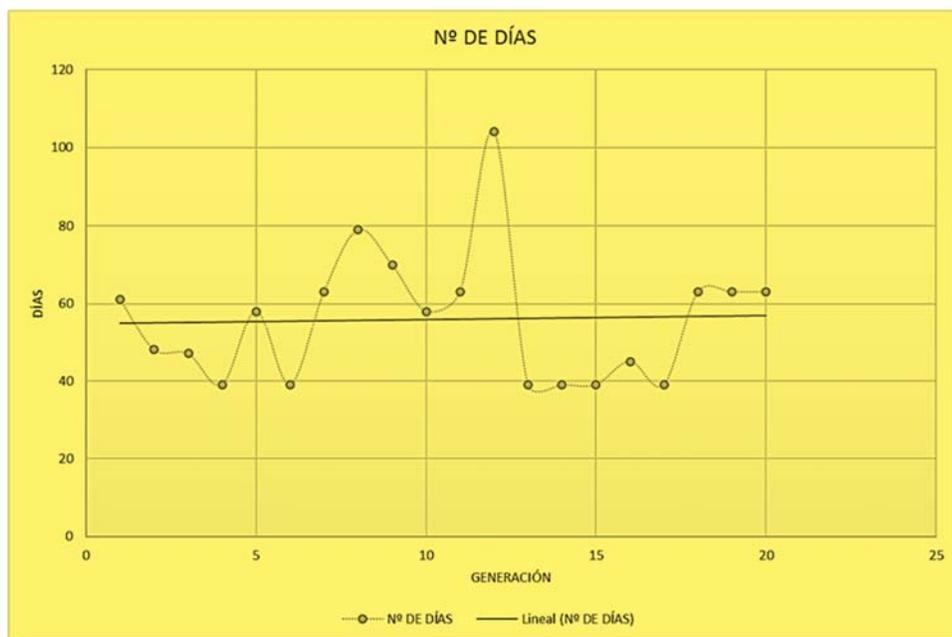
GENERACIÓN	VALOR
1	361224752
2	447270732
3	671394482
4	407232823
5	553809041
6	493944375
7	668805305
8	551135587
9	416506830
10	522226978
11	439470236
12	558568043
13	517227063
14	626625574
15	620793831
16	561286404
17	375085520
18	471002106
19	711984186
20	658308207

GENERACIÓN	Nº DE DÍAS
1	61
2	48
3	47
4	39
5	58
6	39
7	63
8	79
9	70
10	58
11	63
12	104
13	39
14	39
15	39
16	45
17	39
18	63
19	63
20	63



Fuente: Excel – Elaboración propia

Imagen 61: Costo Vs N de generación - 2 ensayo



Fuente: Excel – Elaboración propia

Imagen 62: Días vs N de generación - 2 ensayo

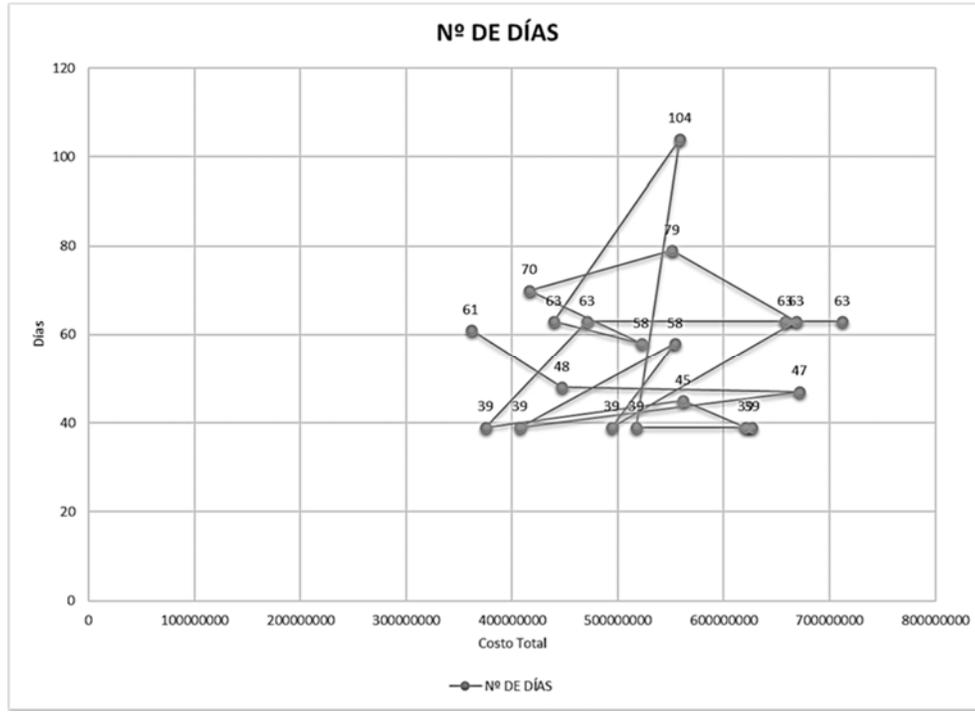


Imagen 63:Costo vs Días - 2 ensayo

Fuente: Excel – Elaboración propia

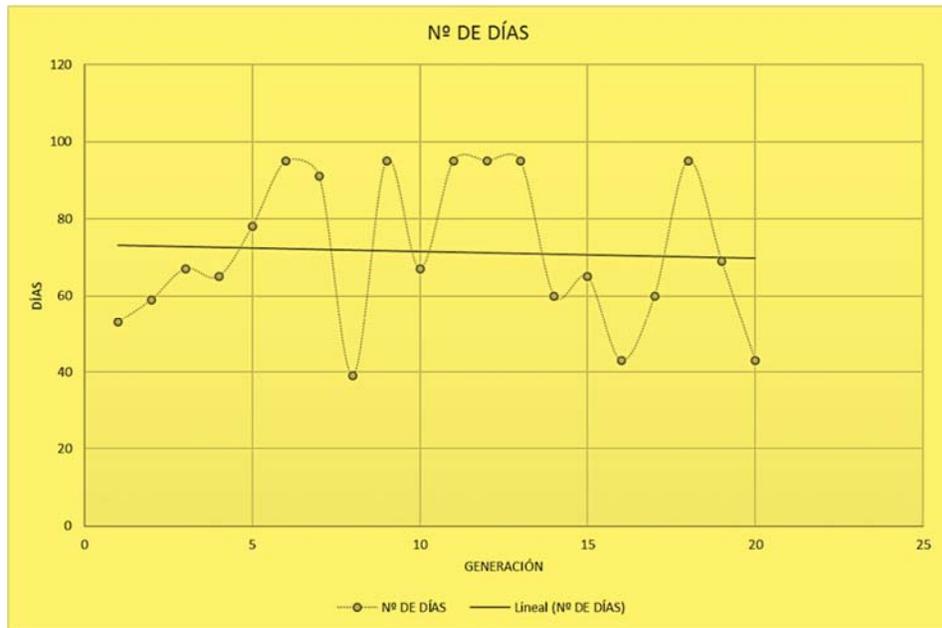
3 ENSAYO

Se ejecutó durante 475.390625 segundos y el mejor individuo nació en la generación número 16 con un valor de 346016990,158079 con una duración de 43 días.

GENERACIÓN	VALOR
1	583816350,3
2	411767882,1
3	399189592,8
4	394662444,1
5	375385293,2
6	473630890,1
7	473630890,1
8	361027855,7
9	392427363,2
10	346016990,2
11	508703337,3
12	403500434,8
13	491727403,5
14	408146688,6
15	560935210,3
16	346016990,2
17	349746344,2
18	566931362,1
19	505441974,3
20	358869063,8

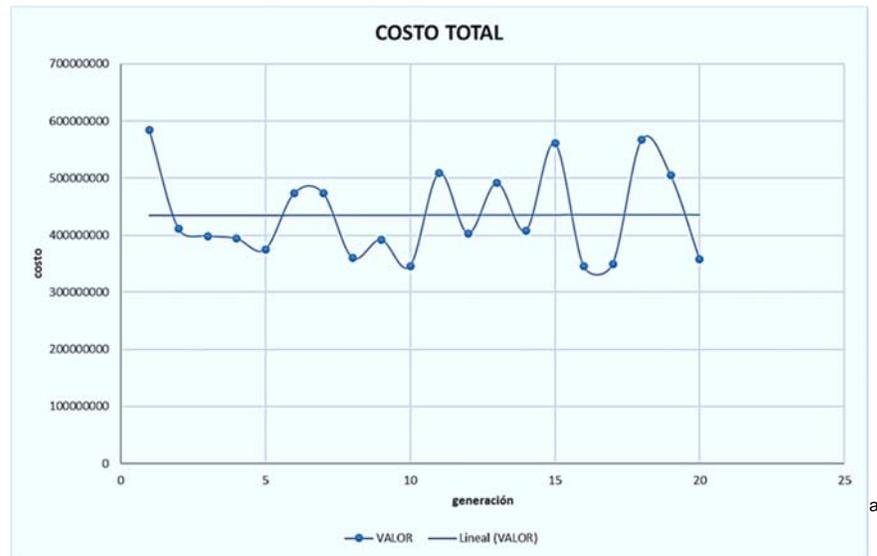
GENERACIÓN	Nº DE DÍAS
1	53
2	59
3	67
4	65
5	78
6	95
7	91
8	39
9	95
10	67
11	95
12	95
13	95
14	60
15	65
16	43
17	60
18	95
19	69
20	43

Fuente: Excel – Elaboración propia



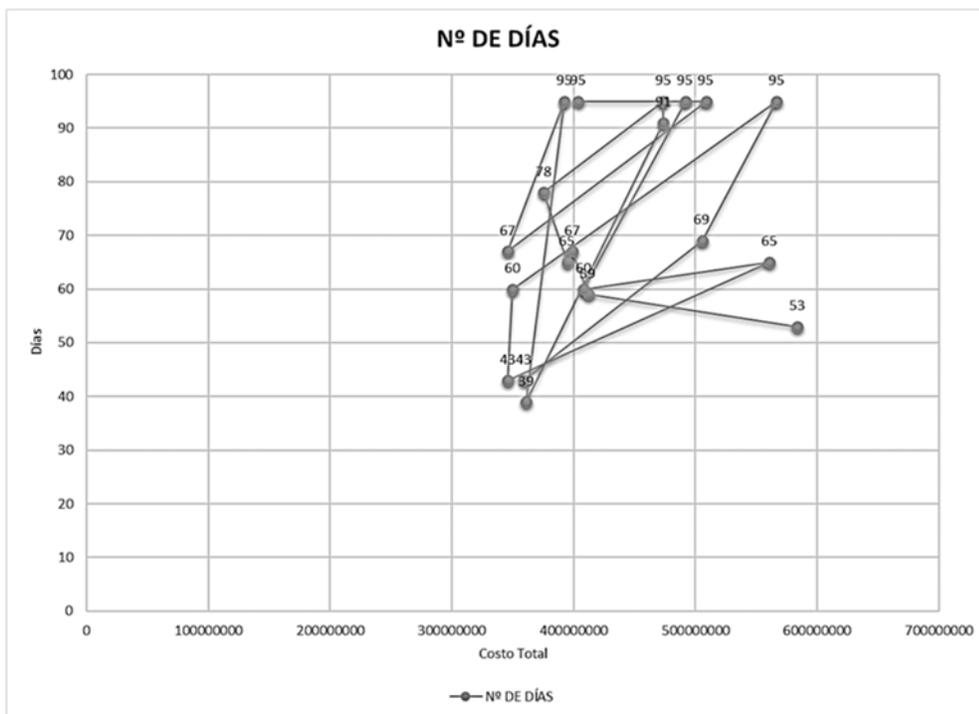
Fuente: Excel – Elaboración propia

Imagen 64: Costo Vs N de generación - 3 ensayo



Fuente: Excel – Elaboración propia

Imagen 65: Días vs N de generación - 3 ensayo



Fuente: Excel – Elaboración propia

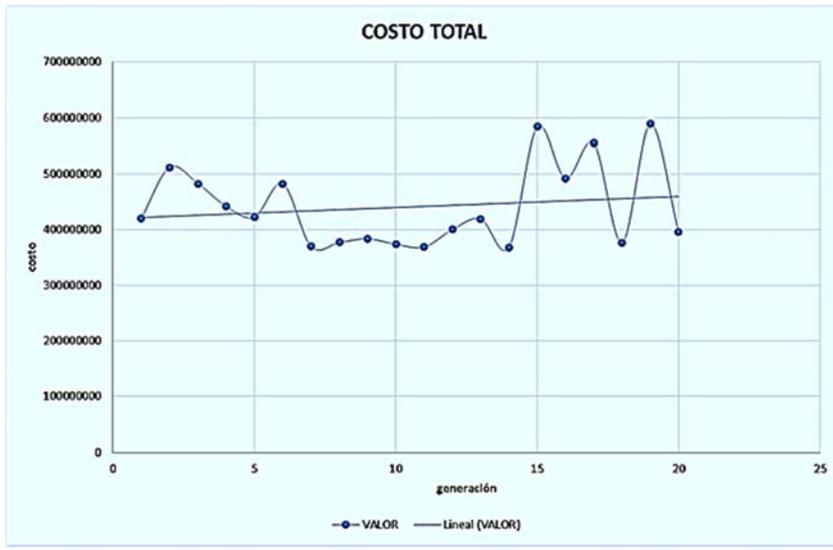
Imagen 66: Costo vs Días - 3 ensayo

4 ENSAYO

Se ejecutó durante 497,75 segundos y el mejor individuo nació en la generación número 8 con un valor de 377423799,923303 con una duración de 45 días.

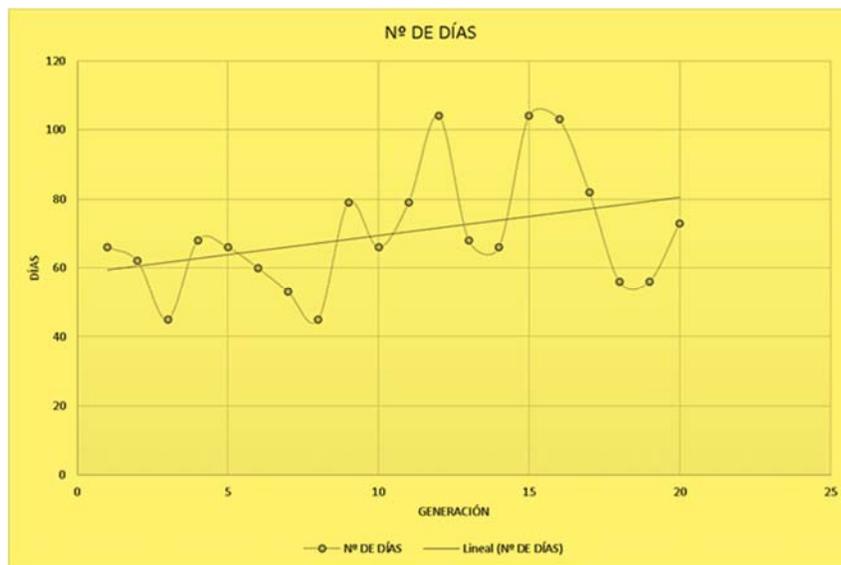
GENERACIÓN	VALOR
1	420568790
2	512082474
3	482928558
4	442223611
5	422910214
6	482928558
7	370114273
8	377423800
9	384028765
10	374240324
11	369256433
12	400529543
13	419592249
14	368799582
15	583780801
16	492155018
17	554722941
18	376916619
19	588657198
20	396381552

GENERACIÓN	Nº DE DÍAS
1	66
2	62
3	45
4	68
5	66
6	60
7	53
8	45
9	79
10	66
11	79
12	104
13	68
14	66
15	104
16	103
17	82
18	56
19	56
20	73



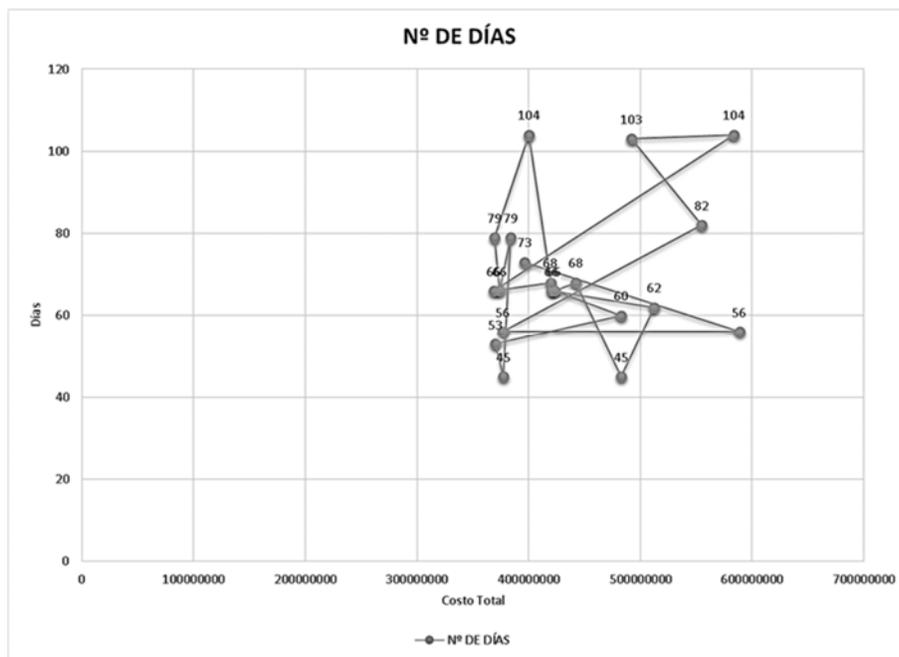
Fuente: Excel – Elaboración propia

Imagen 67: Costo Vs N de generación - 4 ensayo



Fuente: Excel – Elaboración propia

Imagen 68: Días vs N de generación - 4 ensayo



Fuente: Excel – Elaboración propia

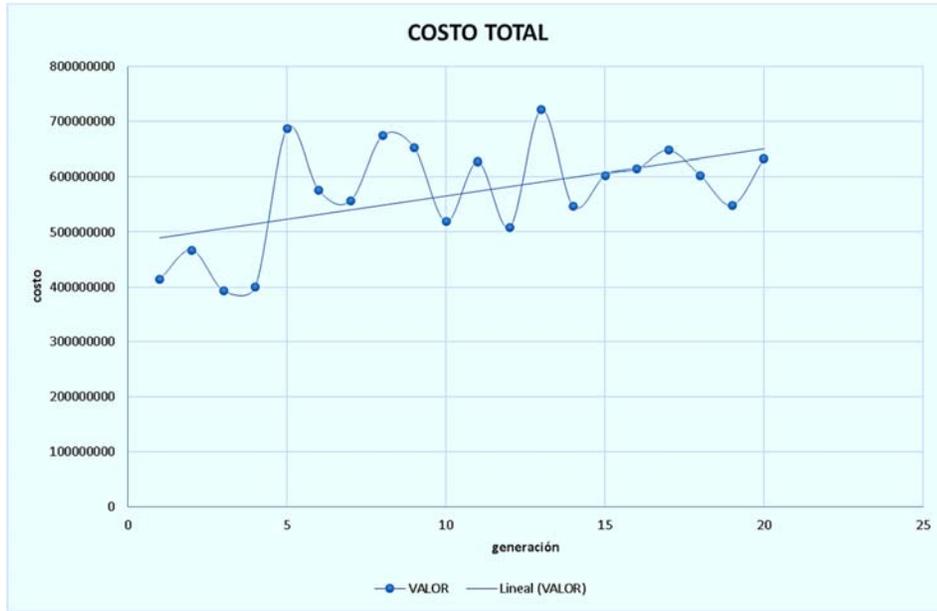
Imagen 69: Costo vs Días - 4 ensayo

5 ENSAYO

Se ejecutó durante 435,4 segundos y el mejor individuo nació en la generación número 18 con un valor de 602678374,627 con una duración de 39 días.

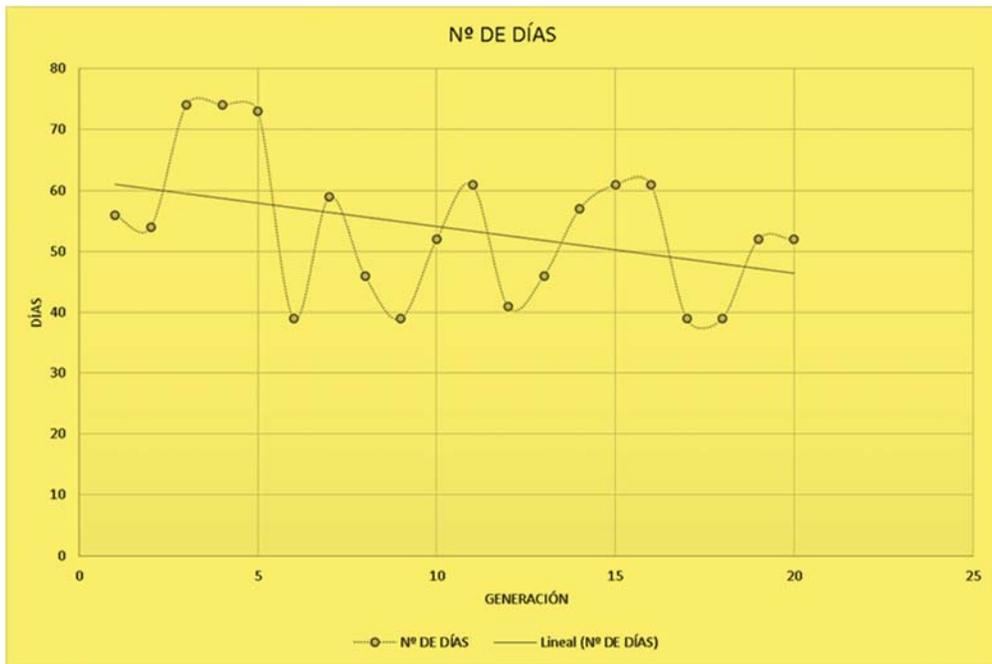
GENERACIÓN	VALOR
1	414029291
2	467224890
3	392994294
4	400418059
5	687687208
6	575798108
7	557134512
8	674181638
9	652590391
10	518940609
11	627277197
12	508794086
13	722026236
14	547020017
15	602642442
16	614802035
17	648066353
18	602678375
19	548735347
20	633195504

GENERACIÓN	Nº DE DÍAS
1	56
2	54
3	74
4	74
5	73
6	39
7	59
8	46
9	39
10	52
11	61
12	41
13	46
14	57
15	61
16	61
17	39
18	39
19	52
20	52



Fuente: Excel – Elaboración propia

Imagen 70: Costo Vs N de generación - 5 ensayo



Fuente: Excel – Elaboración propia

Imagen 71: Días vs N de generación - 5 ensayo

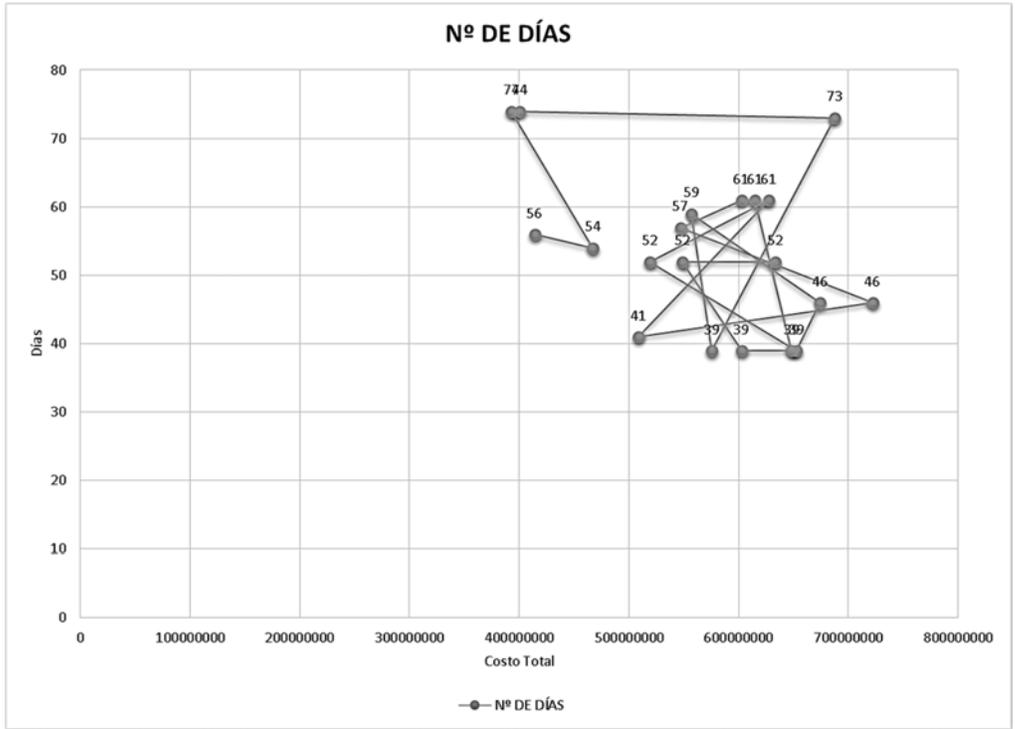


Imagen 72: Costo vs Días - 5 ensayo

Fuente: Excel – Elaboración propia

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS NO PARAMÉTRICOS

1 CASO

TIEMPO

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
postv - prev	Rangos negativos	5 ^a	3,00	15,00
	Rangos positivos	0 ^b	,00	,00
	Empates	0 ^c		
Total		5		

Tabla 11: Prueba de rangos con signos de Wilcoxon – Tiempo – Caso I

Fuente: SPSS

a. postv < prev

b. postv > prev

c. postv = prev

Estadísticos de prueba^a

	postv - prev
Z	-2,023 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,043

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos positivos.

Tabla 12: Resultados Wilcoxon - Tiempo - Caso I

*Nonparametric Tests: Related Samples.

NPTESTS

/RELATED TEST(PRETIEMPO POSTTIEMPO)

/MISSING SCOPE=ANALYSIS USERMISSING=EXCLUDE

/CRITERIA ALPHA=0.05 CILEVEL=95.

Pruebas no paramétricas

Notas

Salida creada	17-DEC-2016 03:22:42
Comentarios	
Entrada Datos	C:\Users\JOHN\Documents\analisismm o para,etrico.sav
Conjunto de datos activo	ConjuntoDatos1
Filtro	<ninguno>
Ponderación	<ninguno>
Segmentar archivo	<ninguno>
N de filas en el archivo de datos de trabajo	5

Sintaxis	NPTESTS(WILCOXON) /RELATED TEST(PRETIEMPO POSTTIEMPO) /MISSING SCOPE=ANALYSIS USERMISSING=EXCLUDE /CRITERIA ALPHA=0.05 CILEVEL=95.	
Recursos	Tiempo de procesador	00:00:00,14
	Tiempo transcurrido	00:00:00,46

Tabla 13: Prueba no paramétrica Wilcoxon - Tiempo - Caso I

Fuente: SPSS

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entraigno de prev y postv es igual a 0.	Prueba de rangos con Wilcoxon para muestras relacionadas	,043	Rechaza la hipótesis nula.

Fuente: SPSS

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es ,05.

Tabla 14: Contraste de hipotesis - Tiempo - Caso I

COSTO

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

Rangos

	N	Rango promedio	Suma de rangos
POSTCOSTO - PRECOSTO Rangos negativos	0 ^a	,00	,00
Rangos positivos	5 ^b	3,00	15,00
Empates	0 ^c		
Total	5		

Tabla 15: Prueba de rangos con signos de Wilcoxon – Costo – Caso I

Fuente: SPSS

a. POSTCOSTO < PRECOSTO

b. POSTCOSTO > PRECOSTO

c. POSTCOSTO = PRECOSTO

Estadísticos de prueba^a

	POSTCOSTO - PRECOSTO
Z	-2,023 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,043

Fuente: SPSS

Tabla 16: Resultados Wilcoxon - Costo - Caso I

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

*Nonparametric Tests: Related Samples.

NPTESTS

/RELATED TEST(PRECOSTO POSTCOSTO)

/MISSING SCOPE=ANALYSIS USERMISSING=EXCLUDE

/CRITERIA ALPHA=0.05 CILEVEL=95.

Pruebas no paramétricas

Notas

Salida creada	17-DEC-2016 03:24:17
Comentarios	
Entrada Datos	C:\Users\JOHN\Documents\analisismm o para,etrico.sav
Conjunto de datos activo	ConjuntoDatos1
Filtro	<ninguno>
Ponderación	<ninguno>

Segmentar archivo	<ninguno>	
N de filas en el archivo de datos de trabajo		5
Sintaxis	<pre> NPTESTS /RELATED TEST(PRECOSTO POSTCOSTO) /MISSING SCOPE=ANALYSIS USERMISSING=EXCLUDE /CRITERIA ALPHA=0.05 CILEVEL=95. </pre>	
Recursos	Tiempo de procesador	00:00:00,14
	Tiempo transcurrido	00:00:00,26

Fuente: SPSS

Tabla 17: Prueba no paramétrica Wilcoxon - Costo - Caso I

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre PRECOSTO y POSTCOSTO es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,043	Rechace la hipótesis nula.

Fuente: SPSS

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es ,05.

Tabla 18: Contraste de hipótesis - Costo - Caso I

2 CASO

TIEMPO

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
postv - prev	Rangos negativos	5 ^a	3,00	15,00
	Rangos positivos	0 ^b	,00	,00
	Empates	0 ^c		

Total	5
-------	---

Fuente: SPSS

Tabla 19: Prueba de rangos con signos de Wilcoxon – Tiempo – Caso II

- a. postv < prev
- b. postv > prev
- c. postv = prev

Estadísticos de prueba^a

	postv - prev
Z	-2,032 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,042

Fuente: SPSS

Tabla 20: Resultados Wilcoxon - Tiempo - Caso II

- a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon
- b. Se basa en rangos positivos.

*Nonparametric Tests: Related Samples.

NPTESTS

/RELATED TEST(PRETIEMPO POSTTIEMPO)

/MISSING SCOPE=ANALYSIS USERMISSING=EXCLUDE

/CRITERIA ALPHA=0.05 CILEVEL=95.

Pruebas no paramétricas

Notas

Salida creada	17-DEC-2016 02:55:19
Comentarios	
Entrada Datos	C:\Users\JOHN\Documents\analissmm o para,etrico.sav
Conjunto de datos activo	ConjuntoDatos1
Filtro	<ninguno>
Ponderación	<ninguno>

Segmentar archivo	<ninguno>	
N de filas en el archivo de datos de trabajo	5	
Sintaxis	NPTESTS /RELATED TEST(PRETIEMPO POSTTIEMPO) /MISSING SCOPE=ANALYSIS USERMISSING=EXCLUDE /CRITERIA ALPHA=0.05 CILEVEL=95.	
Recursos	Tiempo de procesador	00:00:00,12
	Tiempo transcurrido	00:00:00,23

Tabla 21: Prueba no paramétrica Wilcoxon - Tiempo - Caso II

Fuente: SPSS

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entraigno de prev y postv es igual a 0.	Prueba de rangos con Wilcoxon para muestras relacionadas	,042	Rechace la hipótesis nula.

Fuente: SPSS

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es ,05.

Tabla 22: Contraste de hipotesis - Tiempo - Caso II

COSTO

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

Rangos

	N	Rango promedio	Suma de rangos
POSTCOSTO - PRECOSTO Rangos negativos	5 ^a	3,00	15,00
Rangos positivos	0 ^b	,00	,00
Empates	0 ^c		
Total	5		

Tabla 23: Prueba de rangos con signos de Wilcoxon – Costo – Caso II

Fuente: SPSS

a. POSTCOSTO < PRECOSTO

b. POSTCOSTO > PRECOSTO

c. POSTCOSTO = PRECOSTO

Estadísticos de prueba^a

	POSTCOSTO - PRECOSTO
Z	-2,023 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,043

Fuente: SPSS

Tabla 24: Prueba de rangos con signos de Wilcoxon – Costo – Caso II

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos positivos.

*Nonparametric Tests: Related Samples.

NPTESTS

/RELATED TEST(PRECOSTO POSTCOSTO)

/MISSING SCOPE=ANALYSIS USERMISSING=EXCLUDE

/CRITERIA ALPHA=0.05 CILEVEL=95.

Pruebas no paramétricas

Notas

Salida creada	17-DEC-2016 02:25:13
Comentarios	
Entrada Datos	C:\Users\JOHN\Documents\analisismm o para,etrico.sav
Conjunto de datos activo	ConjuntoDatos1
Filtro	<ninguno>
Ponderación	<ninguno>
Segmentar archivo	<ninguno>

N de filas en el archivo de datos de trabajo	5
Sintaxis	NPTESTS /RELATED TEST(PRECOSTO POSTCOSTO) /MISSING SCOPE=ANALYSIS USERMISSING=EXCLUDE /CRITERIA ALPHA=0.05 CILEVEL=95.
Recursos	Tiempo de procesador 00:00:00,27
	Tiempo transcurrido 00:00:00,26

Tabla 25: Prueba no paramétrica Wilcoxon - Costo - Caso II

Fuente: SPSS

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre PRECOSTO y POSTCOSTO es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,043	Rechaza la hipótesis nula.

Fuente: SPSS

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es ,05.

Tabla 26: Contraste de hipótesis - Costo - Caso II

CÓDIGO USADO PARA EL DISEÑO DE LA SISTEMA

Option Explicit

Sub llamar_formulario()

Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Select

frm_ag.Show

End Sub

Sub establecer_limites()

```

Dim tot_part As Integer
Dim n, x As Integer

n = 3

For tot_part = 2 To Worksheets("PANEL").Range("A3").Value + 1
    x = Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Cells(tot_part, 3).Value
    If Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Cells(tot_part, 3).Value > 52
Then
        Worksheets("POB_INICIAL").Cells(n, 1).Value =
Worksheets("PANEL").Range("A10").Value
    Else
        Worksheets("POB_INICIAL").Cells(n, 1).Value = x
    End If
    n = n + 1
Next tot_part

End Sub

Sub poblacion_aleatorio()
Dim Tpob, nact, fila, col, act, lsd, D As Integer
Dim comprobar, salto, lsh, d_hol As Integer

Tpob = frm_ag.txt_poblacion.Value 'Tamaño Poblacion
nact = Worksheets("PANEL").Range("a3").Value 'Número Actividades

Randomize

'Worksheets("POB_INICIAL").Range("B1:IV1000").ClearContents
'Crea la Poblacion Inicial en la Hoja POB_INICIAL

```

```

For fila = 1 To Tprob 'Recorre la Hoja Actividades
act = 1
For col = 1 To Worksheets("PANEL").Range("A3").Value 'Recorre la Hoja
POB_INICIAL

Isd = Worksheets("POB_INICIAL").Cells(2 + act, 1).Value 'duracion maxima

act = act + 1

D = Int((Isd) * Rnd + 1)
Worksheets("POB_INICIAL").Cells(col + 2, fila + 1).Value = D

Next col

salto = 0
For comprobar = 1 To Worksheets("PANEL").Range("A3").Value
Isd = Worksheets("POB_INICIAL").Cells(2 + comprobar, fila + 1).Value
Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Cells(salto + 2, 3).Value = Isd
salto = salto + 1
Next comprobar

'Call iniciar_adelantada
Call terminar_tardia
Call holgura_critica
Call costo_recurso

Worksheets("POB_INICIAL").Cells(1, fila + 1).Value =
Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Range("r80").Value

Next fila

```

End Sub

Sub seleccion_torneo()

Dim Tpob, nact, fila, i, Ia, Ib, Nhijos, Nhr, Ppr, CS, Pos() As Integer

Dim Aa, Ab As Double

Tpob = frm_ag.txt_poblacion.Value 'Tamaño Poblacion

nact = Worksheets("PANEL").Range("a3").Value 'Número Actividades

Nhijos = frm_ag.txt_hijo_generacion.Value 'cantidad de hijos por generación

Nhr = frm_ag.txt_hijo_cruce.Value 'cantidad de hijos por recombinacion

Ppr = 2 'cantidad de padres por recombinación

CS = (Nhijos / Nhr + 1) * Ppr 'cantidad de padres a seleccionar

ReDim Pos(CS)

Randomize

'hace el primer torneo para seleccionar el primer individuo

'Produce posociones aleatorias entre las cuales se hace el torneo

Ia = Int(Tpob * Rnd + 1)

Ib = Int(Tpob * Rnd + 1)

If Ia = Ib Then

 Ia = Int((Tpob / 2) + (Tpob / 2) * Rnd)

 Ib = Int((Tpob / 2) * Rnd + 1)

End If

'Obtiene los valores de aptitud de los cromosomas en las posiciones Ia Ib

Aa = Worksheets("POB_INICIAL").Cells(1, Ia).Value

Ab = Worksheets("POB_INICIAL").Cells(1, Ib).Value

'Copia en la Hoja POB_INTERMEDIA al ganador del torneo

If Aa > Ab Then

 Pos(1) = Ia

End If

If Ab > Aa Then

 Pos(1) = Ib

End If

If Aa = Ab Then

 Pos(1) = Ib

End If

'hace torneos entre dos padres, y guarda la posicion del ganador en pos

For i = 2 To CS

'Produce posociones aleatorias entre las cuales se hace el torneo

 Ia = Int(Tpob * Rnd + 1)

 Ib = Int(Tpob * Rnd + 1)

 If Ia = Ib Then

 Ia = Int((Tpob / 2) + (Tpob / 2) * Rnd)

 Ib = Int((Tpob / 2) * Rnd + 1)

 End If

'Obtiene los valores de aptitud de los cromosomas en las posiciones Ia Ib

 Aa = Worksheets("POB_INICIAL").Cells(1, Ia).Value

 Ab = Worksheets("POB_INICIAL").Cells(1, Ib).Value

'Copia en la Hoja POB_INTERMEDIA al ganador del torneo

If Aa > Ab Then

 If Ia <> Pos(i - 1) And Ia <> Pos(i - 2) Then

 Pos(i) = Ia

 Else

 i = i - 1

 End If

End If

If Ab > Aa Then

 If Ib <> Pos(i - 1) And Ib <> Pos(i - 2) Then

 Pos(i) = Ib

 Else

 i = i - 1

 End If

End If

If Aa = Ab Then

 If Ib <> Pos(i - 1) And Ib <> Pos(i - 2) Then

 Pos(i) = Ib

 Else

 i = i - 1

 End If

End If

Next i

Worksheets("POB_INTERMEDIA").Range("A1:IV10000").ClearContents

For i = 1 To CS

 Worksheets("POB_INTERMEDIA").Cells(i, 1).Value = Pos(i)

Next i

End Sub

Sub cruce_2p1p()

Dim Tpob, nact, Nhijos, hijosxpadre, Ngenes, Npadres, cont, cont2, fila,
corte, P1, P2, escape As Integer

Dim salto, comprobar, lsd, vert As Integer

Tpob = frm_ag.txt_poblacion.Value 'Tamano de la poblacion

nact = Worksheets("PANEL").Range("a3").Value 'Numero de actividades

Nhijos = frm_ag.txt_hijo_generacion.Value 'Numero de hijos

hijosxpadre = frm_ag.txt_hijo_cruce.Value 'numero de hijos por padre

Randomize

escape = 1

vert = 1

Worksheets("POB_INTERMEDIA").Range("B1:IV10000").ClearContents

While escape < Nhijos + 1 'llenar toda la hoja de calculos de hijos

For cont = 1 To 2 * Nhijos Step 2 'genera hijos

If (escape > Nhijos) Then

Exit For

End If

padre1 P1 = Worksheets("POB_INTERMEDIA").Cells(cont, 1).Value 'elige

padre2 P2 = Worksheets("POB_INTERMEDIA").Cells(cont + 1, 1).Value 'elige

For cont2 = 1 To hijosxpadre

```

If escape > Nhijos Then
    Exit For
End If

corte = Int(((nact - 1) * Rnd) + 1) * 2 'elige un punto de corte que no
sera ni el primero ni el ultimo

If cont2 = 1 Then
    For fila = 3 To (nact + 2)
        If (fila <= (corte + 2)) Then
            Worksheets("POB_INTERMEDIA").Cells(fila, escape +
1).Value = Worksheets("POB_INICIAL").Cells(fila, P1 + 1).Value

            'Arriba se pasa la informacion del padre 1 al hijo
            Else
                Worksheets("POB_INTERMEDIA").Cells(fila, escape +
1).Value = Worksheets("POB_INICIAL").Cells(fila, P2 + 1).Value

            'Arriba se pasa la info del padre 2 al hijo
            End If
        Next fila
    End If

    escape = escape + 1

Next cont2
Next cont
Wend

End Sub

```

Sub Mutacion()

Dim Mutacion, Tprob, Nhijos, nact, original, nuevo, Generacion, Actividad,
Cont_mutacion, i, columna, fila, Posicion, Rango, Minimo, maximo As Integer

Dim salto, vert, comprobar, lsd, orden, z As Integer

Mutacion = 0.05 'Procentaje de mutacion

Tprob = frm_ag.txt_poblacion.Value ' Tamano de poblacion

Nhijos = frm_ag.txt_hijo_generacion.Value 'Numero de hijos

nact = Worksheets("PANEL").Range("a3").Value 'Numero de actividades

Generacion = Nhijos * nact 'total de casillas en la poblacion de una
generacion

Cont_mutacion = Int(Generacion * Mutacion) 'Numero de veces que hay
mutacion

vert = 1

Randomize

For i = 1 To Cont_mutacion

Posicion = Int(Generacion * Rnd) + 1 'elige una posicion para mutar

columna = Int((Posicion - 1) / nact) + 2 'encuentra la columna, tiene en
cuenta desplazamiento por columna de padres

fila = Posicion Mod nact 'encuentra la fila

If (fila = 0) Then

fila = fila + nact 'corrige las veces que quede en la ultima fila

End If

If ((Posicion Mod 2) = 1) Then 'revisa si hay restriccion por duraciones

Actividad = Int(fila / 2) + 1 ' encuentra cual es la actividad que va a ser
mutada

Minimo = 1

maximo = Worksheets("POB_INICIAL").Cells((Actividad + 2), 1).Value

Rango = maximo - Minimo

'arriba se encontro el rango en el que se puede hacer mutacion

If (Rango >= 1) Then

original = Worksheets("POB_INTERMEDIA").Cells((fila + 2),
columna).Value 'encuentra el valor que estaba originalmente en la casilla

nuevo = Minimo + Int(Rango * Rnd) 'muta

If (original = nuevo) Then

nuevo = Minimo + Int(Rango * Rnd) ' revisa que no quede el
mismo valor

End If

' Cells((fila + 2), columna).Select

' Selection.Interior.Color = vbRed

Worksheets("POB_INTERMEDIA").Cells((fila + 2), columna).Value =
nuevo 'muta

End If

Else

Actividad = Int(fila / 2) + 1

Rango = Worksheets("POB_INICIAL").Cells((Actividad + 2), 1).Value
'define rango para mutar

' Cells((fila + 2), columna).Select

' Selection.Interior.Color = vbRed

z = Int(Rango * Rnd)

If z = 0 Then

Worksheets("POB_INTERMEDIA").Cells((fila + 2), columna).Value =
1 'muta

Else

Worksheets("POB_INTERMEDIA").Cells((fila + 2), columna).Value =
z 'muta

End If

End If

```

Next i

For orden = 1 To Nhijos
salto = 0
    For comprobar = 1 To Worksheets("PANEL").Range("A3").Value
        lsd = Worksheets("POB_INTERMEDIA").Cells(2 + comprobar, vert +
1).Value
        Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Cells(salto + 2, 3).Value = lsd
        salto = salto + 1
    Next comprobar

    'Call iniciar_adelantada
    Call terminar_tardia
    Call holgura_critica
    Call costo_recurso

    Worksheets("POB_INTERMEDIA").Cells(1, vert + 1).Value =
Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Range("r80").Value

    vert = vert + 1

Next orden

End Sub

Sub ng_elitismo()
Dim Tprob, nact, j, Nhijos, Nind, i, Nhij As Integer
Dim n As Integer
Dim xp As Single

Nhijos = frm_ag.txt_hijo_generacion.Value

```

```

Tpob = frm_ag.txt_poblacion.Value 'Tamaño Poblacion
nact = Worksheets("PANEL").Range("a3").Value 'Número Actividades
xp = frm_ag.txt_hijo_elitismo.Value / 100 'Porcentaje de Elitismo
Nind = Int(Tpob * xp) 'Número de padres a copiar desde POB_INICIAL a
POB_MEJORES
Nhij = Tpob - Nind 'Número de hijos a copiar desde POB_INTERMEDIA a
POB_MEJORES

```

```

Worksheets("POB_INICIAL").Select
For i = 1 To Tpob - 1
    For n = 1 To Tpob - i
        For j = 3 To nact + 2

            Cells(j, 1 + i).Select
            Cells(j, 1 + i + n).Select

            If Cells(j, 1 + i).Value <> Cells(j, 1 + i + n).Value Then
                Exit For
            End If

            Cells(1, i + 1).Select
            Cells(1, i + 1) = Cells(1, i + 1) * 10

        Next j
    Next n
Next i

```

```

Worksheets("POB_INTERMEDIA").Select
For i = 1 To Nhijos
    For n = 1 To Nhijos - i
        For j = 3 To nact + 2

```

```
Cells(j, 1 + i).Select  
Cells(j, 1 + i + n).Select
```

```
If Cells(j, 1 + i).Value <> Cells(j, 1 + i + n).Value Then
```

```
    Exit For
```

```
End If
```

```
Cells(1, i + 1).Select
```

```
Cells(1, i + 1) = Cells(1, i + 1) * 10
```

```
Next j
```

```
Next n
```

```
Next i
```

```
Application.ScreenUpdating = False
```

```
Worksheets("POB_INICIAL").Select
```

```
    Range(Cells(1, 2), Cells(78, 1 + Tprob)).Select
```

```
    ActiveWorkbook.Worksheets("POB_INICIAL").Sort.SortFields.Clear
```

```
    ActiveWorkbook.Worksheets("POB_INICIAL").Sort.SortFields.Add  
Key:=Range(Cells(1, 2), Cells(1, 1 + Tprob)), SortOn:=xlSortOnValues,  
Order:=xlAscending, DataOption:= _
```

```
        xlSortNormal
```

```
With ActiveWorkbook.Worksheets("POB_INICIAL").Sort
```

```
    .SetRange Range(Cells(1, 2), Cells(78, 1 + Tprob))
```

```
    .Header = xlGuess
```

```
    .MatchCase = False
```

```
    .Orientation = xlLeftToRight
```

```
    .SortMethod = xlPinYin
```

```
    .Apply
```

```
End With
```

```
Worksheets("POB_MEJORES").Range("A1:IV10000").ClearContents
```

```
Range(Cells(1, 2), Cells(78, 1 + Nind)).Select
```

```
Selection.Copy
```

```
Worksheets("POB_MEJORES").Select
```

```
Range("a1").PasteSpecial
```

```
Application.CutCopyMode = False
```

```
Worksheets("POB_INTERMEDIA").Select
```

```
Range(Cells(1, 2), Cells(78, 1 + Nhijos)).Select
```

```
ActiveWorkbook.Worksheets("POB_INTERMEDIA").Sort.SortFields.Clear
```

```
ActiveWorkbook.Worksheets("POB_INTERMEDIA").Sort.SortFields.Add  
Key:=Range(Cells(1, 2), Cells(1, 1 + Nhijos)), SortOn:=xlSortOnValues,  
Order:=xlAscending, DataOption:= _
```

```
xlSortNormal
```

```
With ActiveWorkbook.Worksheets("POB_INTERMEDIA").Sort
```

```
.SetRange Range(Cells(1, 2), Cells(78, 1 + Nhijos))
```

```
.Header = xlGuess
```

```
.MatchCase = False
```

```
.Orientation = xlLeftToRight
```

```
.SortMethod = xlPinYin
```

```
.Apply
```

```
End With
```

```
Range(Cells(1, 2), Cells(78, 1 + Nhij)).Select
```

```
Selection.Copy
```

```
Application.ScreenUpdating = True
```

```
Worksheets("POB_MEJORES").Select
```

```
Cells(1, 1 + Nind).PasteSpecial
```

```

Application.CutCopyMode = False
Cells(1, 1).Select

End Sub

Sub ng_mejores()
Dim Tpob, nact, j, Nhijos, i, Nhij As Integer
Dim n, z As Integer

Nhijos = frm_ag.txt_hijo_generacion.Value
Tpob = frm_ag.txt_poblacion.Value 'Tamaño Poblacion
nact = Worksheets("PANEL").Range("a3").Value 'Número Actividades
z = Int(Nhijos) + Int(Tpob)

Application.ScreenUpdating = False

Worksheets("POB_INICIAL").Select
Range(Cells(1, 2), Cells(78, 1 + Tpob)).Select
    Selection.Copy
    Worksheets("POB_INTERMEDIA").Select
    Cells(1, 2 + Nhijos).PasteSpecial
    Application.CutCopyMode = False

For i = 1 To z
    For n = 1 To z - i
        For j = 3 To nact + 2

            Cells(j, 1 + i).Select
            Cells(j, 1 + i + n).Select

```

```

If Cells(j, 1 + i).Value <> Cells(j, 1 + i + n).Value Then
    Exit For
End If
Cells(1, i + 1).Select
Cells(1, i + 1) = Cells(1, i + 1) * 10
Next j
Next n
Next i

```

```

Worksheets("POB_INTERMEDIA").Select
Range(Cells(1, 2), Cells(78, 1 + z)).Select
ActiveWorkbook.Worksheets("POB_INTERMEDIA").Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("POB_INTERMEDIA").Sort.SortFields.Add
Key:=Range(Cells(1, 2), Cells(1, 1 + z)), SortOn:=xlSortOnValues,
Order:=xlAscending, DataOption:= _
    xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("POB_INTERMEDIA").Sort
    .SetRange Range(Cells(1, 2), Cells(78, 1 + z))
    .Header = xlGuess
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlLeftToRight
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
End With

```

```

Range(Cells(1, 2), Cells(78, 1 + Tpob)).Select
Selection.Copy

```

```

Application.ScreenUpdating = True

```

```

Worksheets("POB_MEJORES").Select

```

```

Range("a1").PasteSpecial
Application.CutCopyMode = False

End Sub

Sub nueva_generacion()
Dim Tpob, nact, j, Nhijos, i, Nhij As Integer

Tpob = frm_ag.txt_poblacion.Value 'Tamaño Poblacion

Application.ScreenUpdating = False

Worksheets("POB_MEJORES").Select
'Worksheets("POB_MEJORES").Range("a1:iv10000").Clear
Range(Cells(1, 1), Cells(78, Tpob + 1 - 1)).Select
Selection.Copy
Worksheets("POB_INICIAL").Select
Range("b1").PasteSpecial
Application.CutCopyMode = False

Application.ScreenUpdating = True

Worksheets("POB_MEJORES").Select
Range("a1").Select

End Sub

Sub grafico()
Dim Tpob, n, x_max As Integer
Dim x_min As Single

```

```
Dim g As Integer
```

```
Tpob = frm_ag.txt_poblacion.Value 'Tamaño Poblacion
```

```
Worksheets("GRÁFICO").Cells(g + 1, 1).Value = g
```

```
Worksheets("POB_MEJORES").Select
```

```
    x_min = Application.WorksheetFunction.Min(Range(Cells(1, 1), Cells(1, 1  
+ Tpob - 1)))
```

```
    Worksheets("GRÁFICO").Cells(g + 1, 2).Value = x_min
```

```
Worksheets("GRÁFICO").Cells(n + 1, 4).Value = g
```

```
Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Select
```

```
    x_max = Application.WorksheetFunction.Max(Range("G2:G77"))
```

```
    Worksheets("GRÁFICO").Cells(g + 1, 5).Value = x_max
```

```
End Sub
```

```
Sub exportar_project()
```

```
On Error Resume Next
```

```
'abre el archivo "C:\Solucion" de project
```

```
Dim pj As MSProject.Project
```

```
Dim i, j, nact, retr, dur, pred, k, pospred As Integer
```

```
Dim nombre, nompred As String
```

```
Call terminar_tardia
```

```
Call holgura_critica
```

```
Call costo_recurso
```

```

Set pj = CreateObject("MSProject.Project")
pj.Application.Visible = True
pj.Application.FileOpen ("C:\Resultado.mpp")
nact = Worksheets("PANEL").Range("a3").Value 'Número Actividades

'crea una variable dummy de inicio
ActiveProject.Tasks.Add ("Inicio")
ActiveProject.Tasks("Inicio").Duration = 0 & "d"

'Crear las actividades en Project
For i = 2 To nact + 2
nombre = Worksheets("PARTIDAS").Cells(i, 2)
ActiveProject.Tasks.Add (nombre)
Next i

For i = 2 To nact + 1
nombre = Worksheets("PARTIDAS").Cells(i, 2)

    dur = Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Cells(i, 3) 'obtiene la
duracion de la actividad

    ActiveProject.Tasks(nombre).Duration = dur & "d" 'asigna en project la
duracion

    j = 2

    While IsEmpty(Worksheets("ANTECEDENTES").Cells(i, j)) <> True
    pred = Worksheets("ANTECEDENTES").Cells(i, j) 'codigo de la
predecesora

For k = 2 To nact + 1
If (pred = Worksheets("PARTIDAS").Cells(k, 1).Value) Then

```

```

    pospred = k
    Exit For
End If
Next k

    nompred = Worksheets("PARTIDAS").Cells(pospred, 2) 'nombre de la
predecesora

    ActiveProject.Tasks(nombre).TaskDependencies.Add
ActiveProject.Tasks(nompred), pjFinishToStart 'asigna cada predecesora
    'ActiveProject.Tasks(nombre).TaskDependencies(j - 1).Lag = retr & "d"
'asigna el retraso a cada predecesora
    j = j + 1
Wend

'asigna la dummy como predecesora de las que no tienen predecesora
para poder asignarles el retraso
If j = 2 Then
    ActiveProject.Tasks(nombre).TaskDependencies.Add
ActiveProject.Tasks("Inicio"), pjFinishToStart 'asigna la predecesora
    'ActiveProject.Tasks(nombre).TaskDependencies(1).Lag = retr & "d" 'asigna
el retraso
End If

Next i

End Sub

Sub completar_unitario()
Dim orden, y As Integer
Dim costo As Integer
Dim x_cp As Single
Dim x_codigo As Integer

```

Dim x_metrado As Single

Dim SP As String

For y = 4 To 1000

Worksheets("PU").Select

If IsNumeric(Cells(y, 2).Value) Then

orden = Cells(y, 2).Value

Select Case orden

Case 1 To 6

Worksheets("INSUMOS").Select

x_cp = Application.VLookup(orden, Range("A2:E200"), 4, False)

Worksheets("PU").Select

x_codigo = Cells(y, 2).Offset(0, -1).Value

Worksheets("PARTIDAS").Select

x_metrado = Application.VLookup(x_codigo, Range("A2:D200"), 4,
False)

Worksheets("PU").Select

Cells(y, 2).Offset(0, 5).Value = x_cp * Cells(y, 2).Offset(0, 3).Value

Cells(y, 2).Offset(0, 6).Value = x_metrado * Cells(y, 2).Offset(0,
5).Value

Case 7 To 71

Worksheets("INSUMOS").Select

x_cp = Application.VLookup(orden, Range("A2:E200"), 4, False)

```
Worksheets("PU").Select
x_codigo = Cells(y, 2).Offset(0, -1).Value
```

```
Worksheets("PARTIDAS").Select
x_metrado = Application.VLookup(x_codigo, Range("A2:D200"), 4,
False)
```

```
Worksheets("PU").Select
Cells(y, 2).Offset(0, 5).Value = x_cp * Cells(y, 2).Offset(0, 3).Value
Cells(y, 2).Offset(0, 6).Value = x_metrado * x_cp * Cells(y, 2).Offset(0,
3).Value
```

Case 72 To 74

```
Worksheets("INSUMOS").Select
x_cp = Application.VLookup(orden, Range("A2:E200"), 4, False)
```

```
Worksheets("PU").Select
x_codigo = Cells(y, 2).Offset(0, -1).Value
```

```
Worksheets("PARTIDAS").Select
x_metrado = Application.VLookup(x_codigo, Range("A4:D200"), 4,
False)
```

```
Worksheets("PU").Select
Cells(y, 2).Offset(0, 5).Value = x_cp * Cells(y, 2).Offset(0, 3).Value
Cells(y, 2).Offset(0, 6).Value = x_metrado * Cells(y, 2).Offset(0,
5).Value
```

Case 76 To 97

```
Worksheets("INSUMOS").Select
```

```
x_cp = Application.VLookup(orden, Range("A2:E200"), 4, False)
```

```
Worksheets("PU").Select
```

```
x_codigo = Cells(y, 2).Offset(0, -1).Value
```

```
Worksheets("PARTIDAS").Select
```

```
x_metrado = Application.VLookup(x_codigo, Range("A4:D200"), 4,  
False)
```

```
Worksheets("PU").Select
```

```
Cells(y, 2).Offset(0, 5).Value = x_cp * Cells(y, 2).Offset(0, 3).Value
```

```
Cells(y, 2).Offset(0, 6).Value = x_metrado * Cells(y, 2).Offset(0,  
5).Value
```

Case 75

```
Worksheets("PU").Select
```

```
x_codigo = Cells(y, 2).Offset(0, -1).Value
```

```
Worksheets("PARTIDAS").Select
```

```
x_metrado = Application.VLookup(x_codigo, Range("A2:D200"), 4,  
False)
```

```
Worksheets("PU").Select
```

```
'Cells(y, 2).Offset(0, 5).Value = x_cp * Cells(y, 2).Offset(0, 3).Value
```

```
Cells(y, 2).Offset(0, 6).Value = x_metrado * Cells(y, 2).Offset(0,  
3).Value * Cells(y, 2).Offset(0, 4).Value
```

```
End Select
```

```
Else
```

```
orden = Cells(y, 2).Value
```

```

Select Case orden
Case "SP"
    Worksheets("PU").Select
        x_codigo = Cells(y, 2).Offset(0, -1).Value

        Worksheets("PARTIDAS").Select
        x_metrado = Application.VLookup(x_codigo, Range("A2:D200"), 4,
False)

        Worksheets("PU").Select
        Cells(y, 2).Offset(0, 6).Value = x_metrado * Cells(y, 2).Offset(0,
3).Value * Cells(y, 2).Offset(0, 4).Value

End Select
End If
Next y

End Sub

Sub actividades_iconos()
Dim x, y As Integer
Dim z As Integer

Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Select
z = Worksheets("PANEL").Range("a3").Value

For x = 1 To Worksheets("PANEL").Range("a3").Value
    Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Cells(x + 1, 1).Value = x
    z = Worksheets("ANTECEDENTES").Cells(x + 1, 2).Value
    Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Cells(x + 1, 2) = z
Next x

```

```
For y = 1 To Worksheets("PANEL").Range("a10").Value
    Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Cells(1, y + 9).Value = y
Next y
```

```
End Sub
```

```
Sub duracion_actividades()
    Dim x_dur, y, x_ind As Integer
    Dim valor_dur As Integer
    Dim x_metrado, x_rend As Single
```

```
Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Select
Range("c2:c77").Clear
```

```
For y = 2 To 100
```

```
    Application.ScreenUpdating = False
```

```
    Worksheets("PARTIDAS").Select
    If Worksheets("PARTIDAS").Cells(y, 4) <> "" Then
```

```
        If Worksheets("PARTIDAS").Cells(y, 3).Value = "GLB" Then
            Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Select
            Application.ScreenUpdating = True
            Cells(200, 3).End(xlUp).Offset(1, 0).Select
            Selection.Value = Worksheets("PANEL").Range("A10").Value
```

```
        Else
            x_metrado = Cells(y, 4).Value
            x_ind = Cells(y, 1)
```

```
Worksheets("PU").Select
x_rend = Application.VLookup(x_ind, Range("a2:c1000"), 3, False)
```

```
Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Select
```

```
Application.ScreenUpdating = True
Cells(200, 3).End(xlUp).Offset(1, 0).Select
Selection.Value = x_metrado / x_rend
ActiveCell = Application.WorksheetFunction.RoundUp(ActiveCell, 0)
End If
```

```
End If
```

```
Next y
```

```
Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Select
```

```
End Sub
```

```
'Sub iniciar_adelantada()
```

```
'Dim x_part, temp As Integer
```

```
'Dim x_rend As Integer
```

```
'Dim dur, i_a As Integer
```

```
'Dim n As Integer
```

```
'
```

```
'For n = 1 To 2
```

```
' For x_part = 2 To Worksheets("PANEL").Range("A3").Value + 1
```

```
' If Worksheets("ANTECEDENTES").Cells(x_part, 2) = "" Then
```

```
'     Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Cells(x_part, 4).Value = 0
```

```
'     dur = Cells(x_part, 3).Value
```

```

'      i_a = Cells(x_part, 4).Value
'      Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Cells(x_part, 6).Value = dur +
i_a
'      Else
'      temp = Worksheets("ANTECEDENTES").Cells(x_part, 2).Value
'      Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Select
'      x_rend = Application.VLookup(temp, Range("a2:l200"), 6, False)
'adiciona la duracion de la actividad anterior
'      Cells(x_part, 4) = x_rend
'      dur = Cells(x_part, 3).Value
'      i_a = Cells(x_part, 4).Value
'      Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Cells(x_part, 6).Value = dur +
i_a
'      End If
'      Next x_part
'Next n
'End Sub

```

```
Sub terminar_tardia()
```

```
Dim x_max, x_vert, x_ref As Integer
```

```
Dim lista As Integer
```

```
lista = Worksheets("PANEL").Range("A3").Value + 1
```

```
Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Select
```

```
x_max = Application.WorksheetFunction.Max(Range(Cells(2, 6), Cells(lista,
6)))
```

```
Range("g8").Value = x_max
```

```
Range("g13").Value = x_max
```

```
Range("g23").Value = x_max
```

```
Range("g41").Value = x_max
```

```
Range("g43").Value = x_max
Range("g48").Value = x_max
Range("g50:g54").Value = x_max
Range("g59:g62").Value = x_max
Range("g64").Value = x_max
Range("g69").Value = x_max
Range("g71:g72").Value = x_max
Range("g76").Value = x_max
```

```
End Sub
```

```
Sub holgura_critica()
```

```
Dim x_ini, x_vert As Integer
```

```
Dim dur, i_a, l_sup As Integer
```

```
Dim t_part, l_inf As Integer
```

```
Dim costo_dia, desp As Single
```

```
Dim costo_celda As Range
```

```
Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Range("j2:os100").Clear
```

```
Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Range("h2:h77").ClearFormats
```

```
t_part = Worksheets("PANEL").Range("a10").Value
```

```
For x_vert = 2 To Worksheets("PANEL").Range("A3").Value + 1
```

```
dur = Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Cells(x_vert, 3).Value
```

```
i_a = Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Cells(x_vert, 4).Value
```

```
costo_dia = Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Cells(x_vert, 9).Value /
```

```
dur
```

```
If Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Cells(x_vert, 2).Value <> 0 And  
Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Cells(x_vert, 3).Value <> t_part Then
```

```
Then  
    If Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Cells(x_vert, 8).Value = 0
```

```
        Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Cells(x_vert, 8).Select
```

```
            ActiveCell.Font.Bold = True
```

```
            ActiveCell.Interior.Color = vbRed
```

```
            ActiveCell.Font.Color = vbBlack
```

```
        Range(Cells(x_vert, i_a + 10), Cells(x_vert, i_a + 9 + dur)).Select
```

```
        Selection.Interior.Color = vbRed
```

```
        For Each costo_celda In Selection
```

```
            costo_celda.Value = costo_dia
```

```
        Next costo_celda
```

```
    Else
```

```
        Range(Cells(x_vert, i_a + 10), Cells(x_vert, i_a + 9 + dur)).Select
```

```
        Selection.Interior.Color = vbGreen
```

```
        For Each costo_celda In Selection
```

```
            costo_celda.Value = costo_dia
```

```
        Next costo_celda
```

```
    End If
```

```
    ElseIf Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Cells(x_vert, 2).Value = 0  
    And Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Cells(x_vert, 3).Value <> t_part Then
```

```
Then  
    If Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Cells(x_vert, 8).Value = 0
```

```
        Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Cells(x_vert, 8).Select
```

```
            ActiveCell.Font.Bold = True
```

```
            ActiveCell.Interior.Color = vbRed
```

```
            ActiveCell.Font.Color = vbBlack
```

```
        Range(Cells(x_vert, i_a + 10), Cells(x_vert, i_a + 9 + dur)).Select
```

```
        Selection.Interior.Color = vbRed
```

```

    For Each costo_celda In Selection
        costo_celda.Value = costo_dia
    Next costo_celda
Else
    Range(Cells(x_vert, i_a + 10), Cells(x_vert, i_a + 9 + dur)).Select
    Selection.Interior.Color = vbGreen
    For Each costo_celda In Selection
        costo_celda.Value = costo_dia
    Next costo_celda
End If
Else
    Range(Cells(x_vert, i_a + 10), Cells(x_vert, i_a + 9 + dur)).Select
    Selection.Interior.Color = vbGreen
    For Each costo_celda In Selection
        costo_celda.Value = costo_dia
    Next costo_celda
End If
Next x_vert
End Sub

Sub costo_recurso()
    Dim sum_vert As Single
    Dim sum_cuad, costo_adm, cd, sencico As Single
    Dim lista, x_max, n As Integer
    Dim costo_celda As Range

    sencico = Worksheets("PANEL").Range("A14").Value
    cd = Worksheets("PANEL").Range("A12").Value
    costo_adm = cd + sencico * cd + Worksheets("PANEL").Range("A7").Value

```

```

lista = Worksheets("PANEL").Range("A3").Value + 1
x_max = Application.WorksheetFunction.Max(Range(Cells(2, 6), Cells(lista,
6)))
n = 0
Range(Cells(78, 10), Cells(78, 9 + x_max)).Select
    For Each costo_celda In Selection
        costo_celda.Value =
Application.WorksheetFunction.Sum(Range(Cells(2, n + 10), Cells(77, 10 + n)))
        costo_celda.Value = costo_celda.Value + costo_adm / 26
        costo_celda.Offset(1, 0).Value = costo_celda.Value *
costo_celda.Value
        n = n + 1
    Next costo_celda
'Range(Cells(79, 10), Cells(79, 9 + x_max)).Select
Range("r80").Value = Application.WorksheetFunction.Sum(Range(Cells(79,
10), Cells(79, 9 + x_max)))
End Sub

```

```

Private Sub CommandButton1_Click()
Dim g, x As Integer
Dim inicio, final, tiempo_total As Single

```

```

frm_ag.Hide
inicio = Timer
Tpob = frm_ag.txt_poblacion.Value 'Tamaño Poblacion
g = 1
Worksheets("GRÁFICO").Range("A2:E10000").Clear
Worksheets("POB_INICIAL").Range("A1:IV1000").Clear
Worksheets("POB_INTERMEDIA").Range("A1:IV10000").Clear
Worksheets("POB_MEJORES").Range("A1:IV1000").Clear
Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Range("F79:F80").Clear

```

```
Worksheets("M_HIST").Range("A1:IV1000").Clear
```

```
Call actividades_iconos
```

```
Call duracion_actividades
```

```
Call terminar_tardia
```

```
Call holgura_critica
```

```
Call costo_recurso
```

```
Call establecer_limites
```

```
Call poblacion_aleatorio
```

```
For x = 1 To frm_ag.txt_cantidad_generaciones
```

```
Call seleccion_torneo
```

```
Call cruce_2p1p
```

```
Call Mutacion
```

```
If frm_ag.cb_nova.Value = "Elitismo" Then
```

```
    Call ng_elitismo
```

```
Elseif frm_ag.cb_nova.Value = "Mejores Padres-Hijos" Then
```

```
    Call ng_mejores
```

```
End If
```

```
Call nueva_generacion
```

```
Worksheets("GRÁFICO").Cells(g + 1, 1).Value = g
```

```
Worksheets("POB_MEJORES").Select
```

```
Worksheets("POB_MEJORES").Range("a3:a78").Copy
```

```
Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Select
```

```
Cells(2, 3).PasteSpecial
```

```
Application.CutCopyMode = False
```

```
Call terminar_tardia
```

```
Worksheets("POB_MEJORES").Select
```

```
x_min = Application.WorksheetFunction.Min(Range(Cells(1, 1), Cells(1, 1 + Tprob - 1)))
```

```
Worksheets("GRÁFICO").Cells(g + 1, 2).Value = x_min
```

```
Worksheets("POB_MEJORES").Range("a1:a78").Copy
```

```
Worksheets("M_HIST").Select
```

```
Cells(1, g) = g
```

```
Cells(2, g).PasteSpecial
```

```
Application.CutCopyMode = False
```

```
Worksheets("GRÁFICO").Cells(g + 1, 4).Value = g
```

```
Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Select
```

```
x_max = Application.WorksheetFunction.Max(Range("G2:G77"))
```

```
Worksheets("GRÁFICO").Cells(g + 1, 5).Value = x_max
```

```
Worksheets("POB_MEJORES").Range("a1:a78").Copy
```

```
Worksheets("M_HIST").Select
```

```
Cells(1, g) = g
```

```
Cells(2, g).PasteSpecial
```

```
Application.CutCopyMode = False
```

```
Worksheets("CUADRO_RESUMEN").Select
```

```
Range("F79").Value = g
```

```
g = g + 1
```

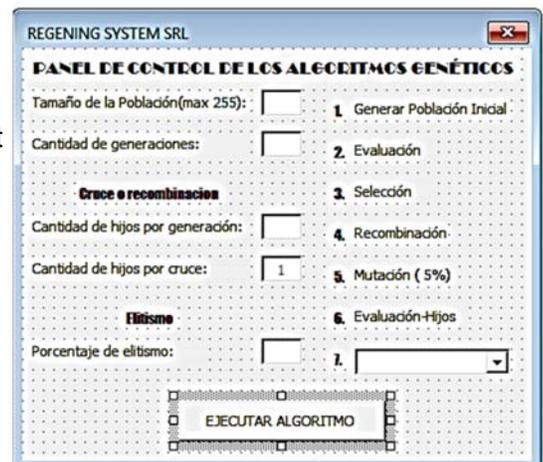
```
Next x
```

```
final = Timer
```

```
tiempo_total = final - inicio
```

```
Range("F80").Value = tiempo_total
```

```
MsgBox "Se ejecutó durante " & tiempo_total & " segundos"
```



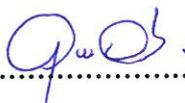
ANEXOS

Yo, **Maria Ysabel García Alvarez**, docente de la Facultad Ingeniería Escuela Profesional Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Lima Este, revisor (a) de la tesis titulada

“Modelo de algoritmo genético para la programación de proyectos viales”, del (de la) estudiante **John Carlos Paul Revilla Lozano**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **15%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.8

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha 13 de Mayo 2019



Firma

Maria Ysabel García Alvarez

DNI: 21453567

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Resumen de coincidencias

15 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

Rank	Source	Percentage
1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	5 %
2	repository.javeriana.ed... Fuente de Internet	1 %
3	javeriana.edu.co Fuente de Internet	1 %
4	www.mapfre.com Fuente de Internet	1 %
5	www.slideshare.net Fuente de Internet	1 %
6	docplayer.es Fuente de Internet	1 %
7	www.proyectosyobras... Fuente de Internet	<1 %
8	www.mef.gob.pe Fuente de Internet	<1 %

 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Modelo de algoritmo genético para la programación de proyectos viales”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

AUTOR

Revilla Lozano, John Carlos Paul

ASESOR

Dr. Gerardo Enrique Cancho Zuñiga

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL, DRA. ING. MARIA YSABEL GARCIA ALVAREZ

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

JOHN CARLOS PAUL REVILLA LOZANO

INFORME TÍTULADO:

Modelo de algoritmo genético para la programación de proyectos viales

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: Los Olivos, 17 de Diciembre del 2016

NOTA O MENCIÓN: 14 (Catorce)



DRA. MARÍA YSABEL GARCÍA ÁLVAREZ