



**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

**LINEA DE INVESTIGACIÓN**

Administración y seguridad de la construcción

**LIMA - PERÚ**

2016

## PÁGINA DEL JURADO

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo a mi madre Rocio Lozano, 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 tiene 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 pensaba tirar la toalla.*

## 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 del proyecto de carreteras denominado “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”

Se definieron los conceptos de acuerdo a los enfoques que se le dará 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 una muestra 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 trabajar más a gusto.

# ÍNDICE

<b>PÁGINA DEL JURADO .....</b>	<b>2</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>4</b>
<b>DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....</b>	<b>5</b>
<b>PRESENTACIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE IMÁGENES .....</b>	<b>11</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>13</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1. Realidad problemática .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2. Trabajos previos .....</b>	<b>16</b>
<b>1.3. Teorías relacionadas al tema.....</b>	<b>19</b>
<b>1.3.1. Los algoritmos genéticos.....</b>	<b>19</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>19</b>
<b>Definición.....</b>	<b>19</b>
<b>Codificación de problemas .....</b>	<b>19</b>
<b>Bondad del algoritmo .....</b>	<b>20</b>
<b>Operadores genéticos .....</b>	<b>20</b>
<b>Selección .....</b>	<b>20</b>
<b>Cruce .....</b>	<b>21</b>

<b>Elitismo</b> .....	23
<b>Mutación</b> .....	23
<b>Evaluación</b> .....	23
<b>1.3.2. Programación de obra – CPM</b> .....	24
<b>Definición</b> .....	24
<b>Antecedentes</b> .....	25
<b>Características</b> .....	25
<b>Diagrama de flechas</b> .....	25
<b>Actividad</b> .....	25
<b>Evento</b> .....	26
<b>Reglas</b> .....	26
<b>Tiempos en la red</b> .....	26
<b>Ruta crítica</b> .....	27
<b>Cuadro de cálculo</b> .....	28
<b>Recursos</b> .....	28
<b>Asignación de recursos</b> .....	28
<b>Distribución de recursos</b> .....	28
<b>Nivelación e histograma de recursos</b> .....	29
<b>Costos</b> .....	30
<b>Costos directos</b> .....	30
<b>Costos indirectos</b> .....	30
<b>Costos totales</b> .....	30
<b>Pendiente de costo</b> .....	31
<b>Proyectos</b> .....	31
<b>Definición</b> .....	31
<b>Etapas</b> .....	32
<b>Control</b> .....	32
<b>1.3.3. Proyecto de carreteras</b> .....	32
<b>Partidas mínimas</b> .....	33
<b>Partidas complementarias</b> .....	33
<b>1.4. Formulación del problema</b> .....	33
<b>1.5. Justificación del problema</b> .....	33
<b>1.6. Hipótesis</b> .....	34



1.6.1.	Hipótesis general .....	34
1.6.2.	Hipótesis nula .....	34
1.7.	Objetivos.....	34
1.7.1.	Objetivo general .....	34
1.7.2.	Objetivos específicos .....	34
<b>II.</b>	<b>MÉTODO .....</b>	<b>35</b>
2.1.	Diseño de investigación .....	35
2.2.	Variables, operacionalización.....	35
2.2.1.	Variables .....	35
2.2.2.	Operacionalización.....	36
2.3.	Población y muestra.....	36
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	37
2.5.	Métodos de análisis de datos .....	37
2.6.	Aspectos éticos.....	38
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>38</b>
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>40</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>41</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>45</b>	
Matriz de consistencia.....	45	

<b>ESTUDIO DE CASO .....</b>	<b>46</b>
<b>ENSAYOS REALIZADOS CON LOS ALGORITMOS GENÉTICOS.....</b>	<b>93</b>
<b>CÓDIGO USADO PARA EL DISEÑO DE LA SISTEMA.....</b>	<b>94</b>

# ÍNDICE DE IMÁGENES<sup>1</sup>

IMAGEN 1: CRUCE EN UN PUNTO .....	22
IMAGEN 2: CRUCE DE DOS PUNTOS .....	22
IMAGEN 3: CLASIFICACIÓN DE LOS TIEMPOS EN LA RED.....	27
IMAGEN 4: DISTRIBUCIÓN DE RECURSOS .....	28
IMAGEN 5: NIVELACIÓN DE RECURSOS .....	29
IMAGEN 6: HISTOGRAMA DE RECURSOS.....	29
IMAGEN 7: GRÁFICA COSTO - TIEMPO.....	30
IMAGEN 8: MS PROJECT OPTIMIZADO.....	39
IMAGEN 9: COSTO VS N DE GENERACIÓN (5 GENERACIONES) - ELITISMO .....	60
IMAGEN 10:TIEMPO VS N DE GENERACIÓN (5 GENERACIONES) - ELITISMO.....	60
IMAGEN 11:COSTO VS TIEMPO (5 GENERACIONES) - ELITISMO .....	61
IMAGEN 12:COSTO VS N DE GENERACIÓN (10 GENERACIONES) -- ELITISMO.....	62
IMAGEN 13:TIEMPO VS N DE GENERACIÓN (10 GENERACIONES) - ELITISMO .....	63
IMAGEN 14:COSTO VS TIEMPO (10 GENERACIONES) - ELITISMO .....	63
IMAGEN 15::COSTO VS N DE GENERACIÓN (15 GENERACIONES) - ELITISMO.....	65
IMAGEN 16:TIEMPO VS N DE GENERACIÓN (15 GENERACIONES) - ELITISMO .....	65
IMAGEN 17:COSTO VS TIEMPO (15 GENERACIONES) - ELITISMO .....	66
IMAGEN 18:COSTO VS N DE GENERACIÓN (20 GENERACIONES) - ELITISMO.....	68
IMAGEN 19:TIEMPO VS N DE GENERACIÓN (20 GENERACIONES) - ELITISMO .....	68
IMAGEN 20:COSTO VS TIEMPO (20 GENERACIONES) - ELITISMO .....	69
IMAGEN 21:COSTO VS N DE GENERACIÓN (25 GENERACIONES) - ELITISMO.....	71
IMAGEN 22:TIEMPO VS N DE GENERACIÓN (25 GENERACIONES) - ELITISMO .....	71
IMAGEN 23:COSTO VS TIEMPO (25 GENERACIONES) - ELITISMO .....	72
IMAGEN 24:COSTO VS N DE GENERACIÓN (30 GENERACIONES) - ELITISMO.....	74
IMAGEN 25:TIEMPO VS N DE GENERACIÓN (30 GENERACIONES) - ELITISMO .....	74
IMAGEN 26:COSTO VS TIEMPO (30 GENERACIONES) - ELITISMO .....	75
IMAGEN 27:COSTO VS N DE GENERACIÓN (25 GENERACIONES) - MEJORES PADRES E HIJOS .....	77
IMAGEN 28:TIEMPO VS N DE GENERACIÓN (25 GENERACIONES) - MEJORES PADRES E HIJOS .....	77
IMAGEN 29:COSTO VS TIEMPO (25 GENERACIONES) - MEJORES PADRES E HIJOS .....	78
IMAGEN 30:COSTO VS N DE GENERACIÓN (30 GENERACIONES) - MEJORES PADRES E HIJOS .....	80

---

<sup>1</sup> Imágenes obtenidas de; GESTAL, Marcos, y otros. Introducción a los algoritmos genéticos y la programación genética y SÁNCHEZ Henao, Julio César. Manual de programación y control de programas de obras.

IMAGEN 31:TIEMPO VS N DE GENERACIÓN (30 GENERACIONES) - MEJORES PADRES E HIJOS .....	80
IMAGEN 32:COSTO VS TIEMPO (30 GENERACIONES) - MEJORES PADRES E HIJOS .....	81
IMAGEN 33:COSTO VS N DE GENERACIÓN - ELITISMO - CON LÍMITE DE TIEMPO.....	83
IMAGEN 34:DÍAS VS N DE GENERACIÓN - ELITISMO - CON LÍMITE DE TIEMPO.....	83
IMAGEN 35:COSTO VS DÍAS - ELITISMO - CON LÍMITE DE TIEMPO .....	84
IMAGEN 36:COSTO VS N DE GENERACIÓN - MEJORES PADRES E HIJOS - CON LÍMITE DE TIEMPO.....	85
IMAGEN 37:DÍAS VS N DE GENERACIÓN - MEJORES PADRES E HIJOS - CON LÍMITE DE TIEMPO.....	86
IMAGEN 38:COSTO VS DÍAS - MEJORES PADRES E HIJOS - CON LÍMITE DE TIEMPO .....	87
IMAGEN 39:TIEMPO DE EJECUCIÓN VS N DE GENERACIONES.....	88
IMAGEN 40: COSTO MÁX. Y MIN VS N DE GENERACIONES.....	89
IMAGEN 41: TIEMPO MÁX. Y MIN VS N DE GENERACIONES.....	90

## ÍNDICE DE ECUACIONES<sup>2</sup>

ECUACIÓN 1: FITNESS ESTANDARIZADO .....	24
ECUACIÓN 2: FITNESS AJUSTADO .....	24
ECUACIÓN 3: FITNESS NORMALIZADO.....	24
ECUACIÓN 4: PENDIENTE DE COSTO .....	31

---

<sup>2</sup> Ecuaciones extraídas de GESTAL, Marcos, y otros. Introducción a los algoritmos genéticos y la programación genética.

## 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 la muestra es solo uno de estos proyectos dado que la muestra es de tipo caso, 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.

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 is only one 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