



**UNIVERSIDAD DEL MAR  
CAMPUS PUERTO ESCONDIDO**

**SOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE ASIGNACIÓN DE  
RECURSOS EN LA ADQUISICIÓN DE BIENES,  
IMPLEMENTANDO ALGORITMOS METAHEURÍSTICOS**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN INFORMÁTICA**

**PRESENTA**

**JOSE ANTONIO CORONEL HERNANDEZ**

**DIRECTOR DE TESIS**

**M. EN C. JOSE FRANCISCO DELGADO ORTA**

**PUERTO ESCONDIDO, OAXACA**

**2014**



## **Dedicatoria**

### ***A mis padres.***

*Por el gran apoyo que me han brindado durante mi formación académica, los consejos y las enseñanzas que me han mostrado, que cada paso que se da es para construir el sendero de la vida, y por todo lo que hemos vivido, esta tesis es para ustedes.*

### ***A mis hermanos Erika, Lenin, Carlos y Sadan.***

*Por el gran apoyo que me han brindado, el afecto y la comprensión en momentos de frustración durante el desarrollo de esta investigación.*

### ***A Luisa***

*Tú que me enseñaste que un nuevo comienzo abre las puertas de una nueva vida, la vida que ahora compartes conmigo regalándome grandes e inolvidables momentos, porque crees en mí y en que juntos lograremos todo lo que nos proponamos.*

***A los compañeros de grupo, por los momentos agradables vividos durante el transcurso de la carrera.***



## ***Agradecimientos***

*A la **Universidad del Mar**, por brindarme la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos ayudándome a dar un paso más en mi formación académica.*

*A la **Honorable Comisión de Becas**, por el apoyo recibido en cada uno de los semestres al otorgarme el 100% de beca colegiatura.*

*A **mis padres**, por el gran esfuerzo que han hecho para que lograra dar un paso importante de mi formación académica y como persona, por darme todo lo necesario para terminar esta tesis, por enseñarme que todo esfuerzo tiene su recompensa, porque cada logro que he obtenido y obtenga, es y será parte de ellos también.*

*Al **Maestro en Ciencias José Francisco Delgado Orta**, mi director de tesis, maestro y amigo, por aceptarme como tesista, guiándome en cada momento durante el desarrollo de este trabajo, por la paciencia que ha tenido y por los conocimientos que me ha transmitido.*

*A los revisores de esta tesis, **M. en C. Isidro Moctezuma Cantorán**, **M. en C. Christian Ayala Esquivel**, **M. en C. Manuel A. Valdés Marrero** y al **M. en C. Jorge Aguilar Martínez**, quienes contribuyeron con sus conocimientos en las revisiones de esta tesis.*

*A **Luisa**, que me enseñó un nuevo camino lleno de alegrías y experiencias nuevas e inolvidables, por aguantar mis malos momentos producto de los desvelos en temporada de exámenes.*



## Resumen

En esta investigación se aborda el problema de la asignación de recursos en la adquisición de materiales o equipos en el sector público, con un enfoque combinatorio. Para ello se implementa un solucionador con dos algoritmos metaheurísticos para resolver el problema con el objetivo de optimizar el tiempo de las tareas relacionadas y obtener el aprovechamiento óptimo de los recursos económicos disponibles, así como la satisfacción de la demanda y la minimización de los tiempos de preparación de los pedidos. Los algoritmos metaheurísticos han demostrado ser estrategias eficientes para resolver problemas combinatorios; sin embargo, no existen trabajos documentados que se relacionen directamente con el problema de adquisición de bienes en el sector público, caso de estudio abordado en el presente trabajo; de la misma forma, se han aplicado para resolver otros tipos de problemas combinatorios tales como inventarios y producción, con el objetivo de optimizar costos en los procesos. Por ello, se propone en el presente trabajo un modelo matemático de programación entera, para resolver un problema de adquisición de bienes con recursos limitados, el cual es resuelto a través de dos algoritmos metaheurísticos: el algoritmo Genético Simple, conocido como un algoritmo eficaz en problemas de agrupación; y el algoritmo de Sistema de Colonia de Hormigas, conocido como una opción viable en problemas de planificación de rutas. Estos algoritmos fueron probados con un conjunto de casos de prueba generados para el problema. La aplicación desarrollada incluye también un escenario determinista, basado en prioridades por el atributo de proveedor, incluido como consecuencia de una restricción operativa del caso de estudio. Las pruebas realizadas sobre los algoritmos muestran que el algoritmo Genético obtiene el 98% de optimización de la función objetivo formulada para el problema, mientras que el algoritmo de Optimización de Colonia de Hormigas logra el 82% en un tiempo de cómputo razonable (38 seg. y 26 seg. respectivamente). Lo que demuestra que el problema formulado corresponde a la familia de problemas de agrupación. Lo que muestra la viabilidad del uso de algoritmos metaheurísticos en la solución de problemas con satisfacción de restricciones, los cuales constituyen la base para el desarrollo de sistemas de planeación de tipo ERP (Enterprise Resource Planning), con múltiples aplicaciones tanto organizacionales como industriales.



## **Abstract**

The problem of resource allocation in the purchase of materials or equipment in the public sector, is addressed in this thesis using a combinatorial approach. A solution was found using a “solver” composed of two metaheuristic algorithms to best optimize time-related tasks. Additionally, the aim of optimum utilization of available economic resources is sought while meeting demand in the shortest time before purchase orders are placed. Metaheuristic algorithms have proven to be efficient strategies to solve combinatorial problems; however, there are no documented jobs that relate directly to the real problem of purchasing in the public sector, which is the case study discussed in this paper. In the same manner, other types of combinatorial problems --such as inventory and production-- were applied in order to cut down costs in the process. A mathematical integer programming model is proposed in this thesis for solving a problem of purchasing goods with limited resources using two metaheuristics algorithms: simple genetic algorithm--known as an effective algorithm for grouping problems-- and the Ant Colony System algorithm --known as a viable option in route-planning problems. These algorithms were tested against a set of test cases generated for the problem. The developed application also includes a deterministic scenario based on supplier priorities, included as a result of operational restrictions of the case study. Tests conducted on the algorithms show that the genetic algorithm gets a maximum of 98% optimization of the objective function formulated for the problem, while the ant colony optimization algorithm achieves a maximum of 82% in a reasonable computation time (38 sec. and 26 sec. respectively), which shows that the formulated problem belongs to the family of grouping problems. These percentages demonstrate the feasibility of using metaheuristic algorithms in the solution of restriction-based problems, which are the basis for the development of ERP (Enterprise Resource Planning) planning systems with multiple applications for both organizational and industrial purposes.



## CONTENIDO

LISTADO DE FIGURAS.....	v
LISTADO DE TABLAS .....	ix
LISTADO DE ECUACIONES .....	xi
LISTADO DE CÓDIGO FUENTE.....	xiii
GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	xv
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES .....	5
2.1. Estado del arte y trabajos relacionados.....	5
2.2. Justificación .....	16
2.3. Planteamiento del problema.....	17
2.4. Objetivos.....	18
2.5. Alcances y límites de estudio.....	18
CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO .....	21
3.1. El problema de asignación.....	22
3.2. Algoritmo genético (AG).....	29
3.4. Sistema de colonia de hormigas (ACS) .....	39
3.5. Función de evaluación .....	44
3.6. Java .....	44
CAPÍTULO 4. DESARROLLO DEL TEMA.....	47
4.1. El problema de la planificación de las compras con recursos limitados.....	48

4.2. Un escenario determinista: prioridad por proveedor .....	48
4.3. Metodología de solución.....	50
4.4. Representación del problema.....	51
4.5. Definición de las instancias de problema (archivo de entrada) .....	52
4.6. Representación de la solución.....	56
4.7. Función de evaluación diseñada para los algoritmos metaheurísticos.....	60
4.8. El algoritmo determinista de asignación por prioridades de proveedor .....	63
4.9. Prueba de validación .....	64
4.10. Pruebas de rendimiento.....	68
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	77
ANEXO A. ARCHIVO DESCRIPTIVO DE ENTRADA.....	81
ANEXO B. USO DE LA INTERFAZ DE USUARIO .....	85
B.1. Ventana Asignación de Recursos.....	86
B.2. Ventana Priorizar Proveedores .....	88
B.3. Ventana Búsqueda de Productos .....	90
B.4. Ventana Búsqueda de Proveedores .....	91
B.5. Ventana Búsqueda de Encargados.....	92
B.6. Ventana Algoritmo Genético .....	93
B.7. Ventana Algoritmo de sistema de colonia de hormigas .....	95
B.8. Ventana Prioridad por proveedor .....	97
B.9. Formato de impresión .....	98
ANEXO C. CÓDIGO FUENTE.....	101
C.1. Función archivoTexto( ) .....	102

C.2. Función <code>archivoDesc()</code> .....	104
C.3. Función <code>leer()</code> .....	105
C.4. Función <code>leerD()</code> .....	112
C.5. Función <code>Genetico()</code> .....	113
C.6. Función <code>Cruzar()</code> .....	115
C.7. Función <code>Mutar()</code> .....	116
C.8. Función <code>seleccion()</code> .....	116
C.9. Función <code>AlgoritmoACS()</code> .....	120
C.10. Función <code>colonia_de_hormigas()</code> .....	122
C.11. Función <code>Actualiza_Global_Fero()</code> .....	124
C.12. Función <code>EvaporacionDeFeromona()</code> .....	125
C.13. Función <code>Inicia_Heuristica()</code> .....	125
ANEXO D. CONTENIDO DEL CD.....	127
REFERENCIAS .....	131