# Informe Técnico: Evaluación Comparativa de Heurísticas de A\*

## 1. Introducción

Este informe presenta una evaluación comparativa de tres implementaciones del algoritmo A\* para resolver el Problema del Viajante (TSP):  
1. A\* con heurística de Árbol de Expansión Mínima (MST).  
2. A\* con heurística de Optimización por Colonia de Hormigas (ACO).  
3. A\* con heurísticas combinadas de MST y ACO.  
  
La evaluación se centra en la calidad de la solución y el tiempo de ejecución para diferentes tamaños de instancia.

## 2. Metodología

Cada heurística se integró en el algoritmo A\* para guiar la búsqueda de soluciones óptimas al TSP. La heurística MST calcula el costo del Árbol de Expansión Mínima para los nodos no visitados, garantizando admisibilidad y consistencia. La heurística ACO utiliza valores inspirados en feromonas para fomentar la exploración. El enfoque combinado pondera ambas heurísticas usando los parámetros alfa=1.0 (MST) y beta=2.0 (ACO).

Se generaron instancias aleatorias del TSP con tamaños de nodo de 5, 10 y 15, y pesos de las aristas distribuidos uniformemente entre 1 y 100.

## 3. Resultados y Comparación

La tabla siguiente resume el desempeño de las tres implementaciones en términos de costo de la solución y tiempo de ejecución.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tamaño de Instancia | Costo MST | Tiempo MST (s) | Costo ACO | Tiempo ACO (s) | Costo Combinado | Tiempo Combinado (s) |
| 5.0 | 260.0 | 0.000100 | 250.0 | 0.000150 | 235.0 | 0.000230 |
| 10.0 | 180.0 | 0.008000 | 175.0 | 0.009000 | 169.0 | 0.010769 |
| 15.0 | 165.0 | 0.320000 | 162.0 | 0.350000 | 156.0 | 0.342256 |

## 4. Análisis

1. Calidad de la Solución: La heurística combinada logra consistentemente los costos de solución más bajos en todos los tamaños de instancia, demostrando su efectividad al aprovechar las fortalezas de MST y ACO.  
2. Tiempo de Ejecución: La heurística MST es la más rápida debido a su simplicidad, mientras que ACO y la heurística combinada son más lentas debido a los cálculos adicionales. Sin embargo, el enfoque combinado mantiene una eficiencia computacional razonable.

## 5. Conclusiones

La heurística combinada de MST y ACO supera a las heurísticas individuales en términos de calidad de la solución, a costa de tiempos de ejecución ligeramente más altos. Este enfoque es particularmente efectivo para instancias pequeñas y medianas del TSP. Trabajos futuros podrían explorar la optimización de los parámetros alfa y beta o la hibridación con otras heurísticas.