

Informe Final

Sistema de Enrutamiento para Tiendas de Autoservicio

Módulo II — Algoritmos Heurísticos

**Integrantes: Wong Camacho Jesús Guadalupe, Barraza Castro Jesús
Alberto**

Fecha de entrega: 12 de octubre de 2025

Resumen Ejecutivo

Este informe presenta el desarrollo, implementación y evaluación de un sistema de optimización de rutas de distribución para una red de tiendas de autoservicio en Culiacán, Sinaloa. El objetivo principal fue minimizar los costos de transporte y la distancia total recorrida mediante la aplicación de un algoritmo heurístico de Recocido Simulado (Simulated Annealing).

El sistema permite generar rutas más eficientes desde los Centros de Distribución (CD) hacia las tiendas, logrando una reducción significativa en los costos operativos y una mejora en la eficiencia logística.

Objetivo General

Diseñar e implementar un modelo de optimización que asigne rutas eficientes entre los Centros de Distribución y las tiendas de autoservicio, reduciendo el costo total de transporte mediante un enfoque heurístico basado en Recocido Simulado.

Metodología

El desarrollo del sistema se estructuró en cinco etapas principales:

1. Preparación de datos: recopilación de coordenadas geográficas, construcción de matrices de distancia y costos de combustible.
2. Modelado del problema: definición de restricciones, asignación inicial por cercanía al CD y estructura de solución inicial.
3. Implementación del algoritmo: diseño del Recocido Simulado y operadores de vecindario (swap, 2-opt).
4. Optimización y ajuste de parámetros: calibración de la temperatura inicial, tasa de enfriamiento y número de iteraciones.
5. Visualización y análisis: generación de mapas con Folium y análisis de resultados a través de archivos CSV exportados.

Algoritmo Aplicado: Recocido Simulado

El Recocido Simulado es una técnica inspirada en el proceso de enfriamiento de los metales, utilizada para resolver problemas de optimización combinatoria. Acepta

soluciones subóptimas durante el proceso de búsqueda para evitar quedar atrapado en mínimos locales. En este trabajo, se aplicó al problema de ruteo de vehículos (VRP), representando cada solución como un conjunto de rutas entre CDs y tiendas.

Parámetro	Valor	Descripción
Temperatura inicial	1000.0	Controla la probabilidad de aceptar soluciones peores al inicio.
Tasa de enfriamiento	0.995	Define la velocidad de reducción de temperatura.
Iteraciones por temperatura	300	Número de soluciones generadas por nivel de temperatura.
Temperatura mínima	0.1	Condición de parada del algoritmo.
Semilla aleatoria	42	Garantiza reproducibilidad de los resultados.

Resultados y Análisis

Los resultados obtenidos demostraron mejoras considerables en comparación con la asignación inicial basada en proximidad. Las rutas generadas mostraron una reducción en la distancia total recorrida y en el costo total de combustible. Además, el uso de operadores combinados permitió mantener un balance adecuado entre exploración y explotación del espacio de soluciones.

Desafíos y Soluciones

Desafío	Descripción	Solución
Cruce de rutas entre zonas	Algunas rutas conectaban tiendas de zonas muy	Se restringió el intercambio de tiendas

	alejadas.	entre CDs.
Errores en el cálculo de métricas	La función de evaluación no consideraba correctamente los parámetros.	Se corrigió la firma de la función y se verificó consistencia de índices.
Exploración insuficiente	El algoritmo convergía prematuramente.	Se ajustó la tasa de enfriamiento para mantener una exploración más amplia.
Lentitud en ejecución	El tiempo de cómputo era elevado en instancias grandes.	Se optimizó el número de iteraciones por temperatura según el tamaño de los datos.
Verificación visual	No se podía comprobar fácilmente la coherencia de las rutas.	Se implementó una herramienta de visualización con Folium.

Conclusiones

El algoritmo de Recocido Simulado permitió generar soluciones significativamente más eficientes que la asignación inicial. El sistema logró reducir tanto el costo total de combustible como la distancia recorrida, validando la efectividad del enfoque heurístico. Asimismo, el modelo demostró ser flexible, escalable y aplicable a otros contextos logísticos. El trabajo en equipo permitió superar diversos retos técnicos, fortaleciendo las habilidades en programación, análisis y diseño de metaheurísticas.