

1. DEFINIR

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

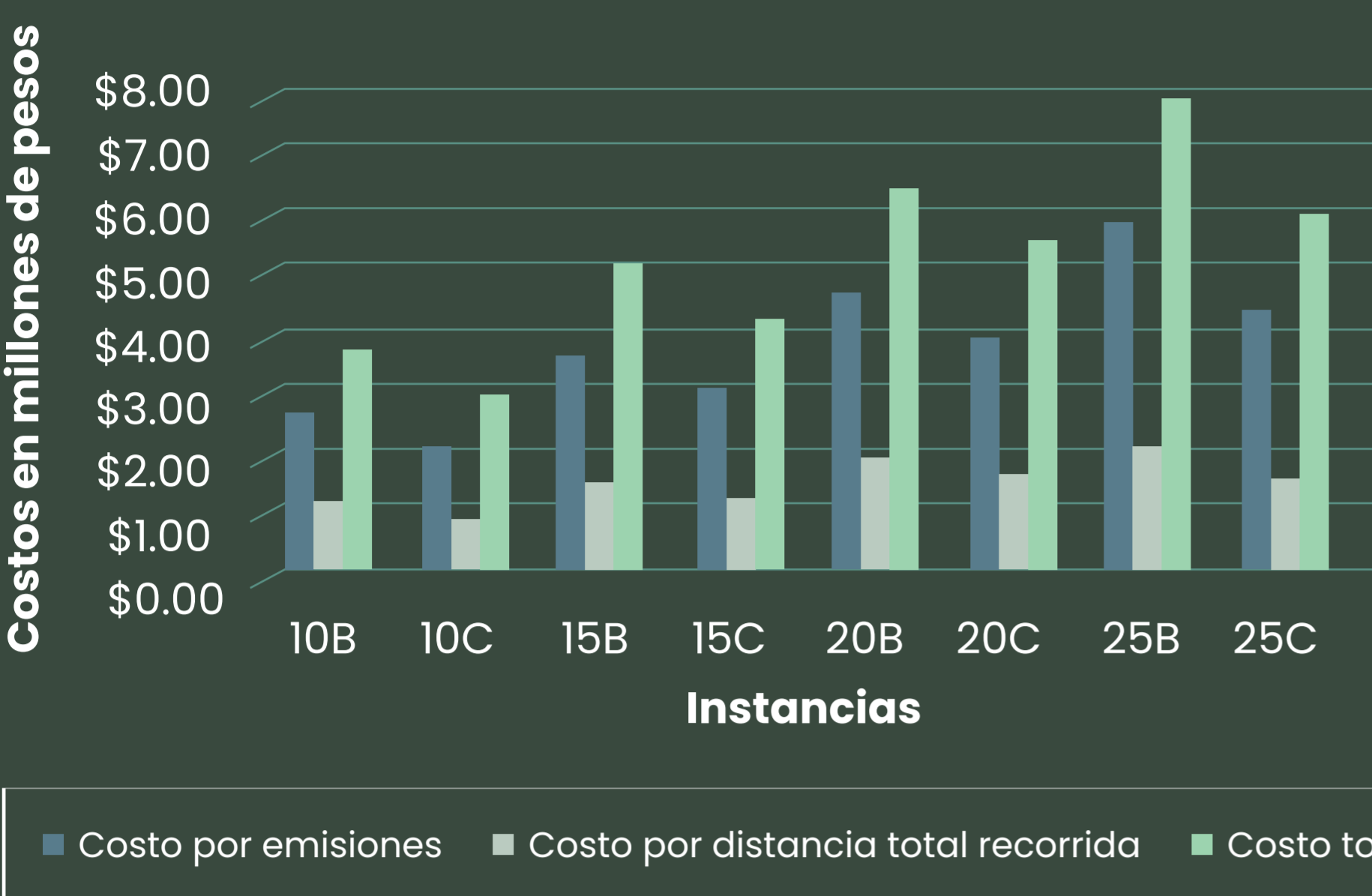
El transporte genera el 35,2% de los costos logísticos totales^[1].

Se estima que en el 2040 el transporte de carga aportará un 41% de CO₂^[2].

LPI de Colombia: 58 en el mundo, 5 en Latinoamérica^[3].

2. MEDIR

Costos de ruteo vecino más cercano



Factores que influyen en el nivel de emisiones

- Velocidad
- Gradiente
- Carga del vehículo



Conversión a pesos

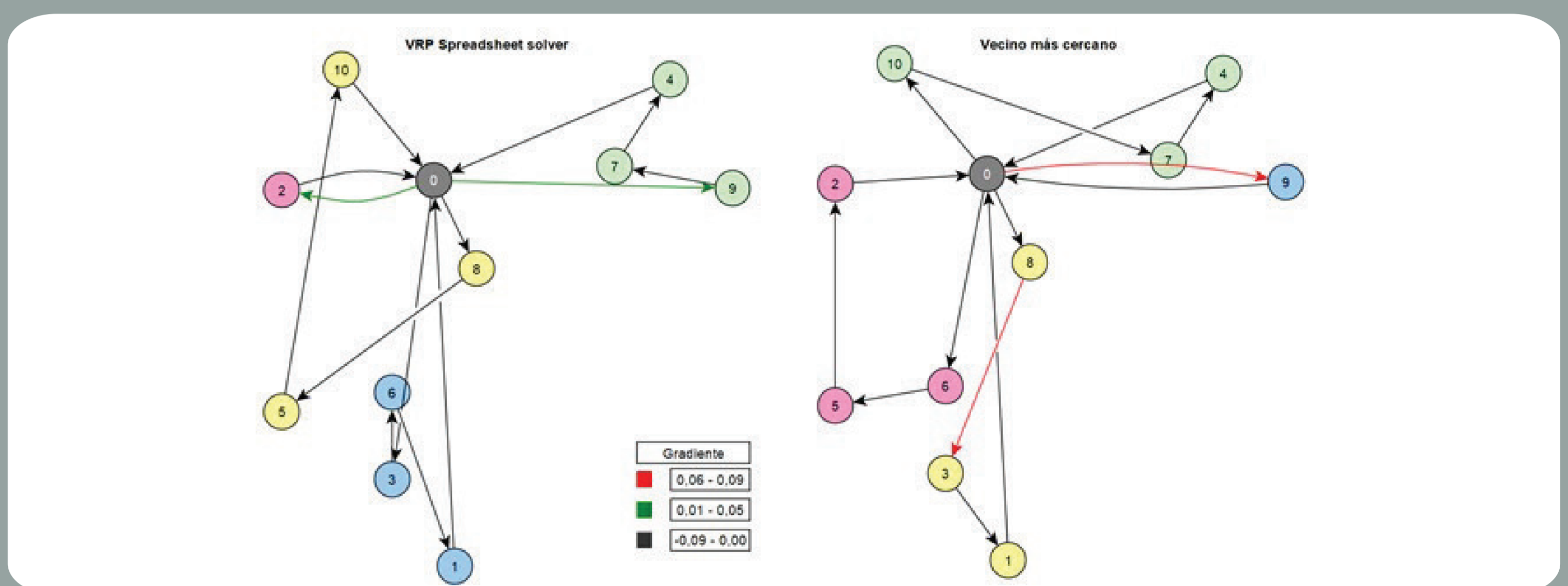
$$\frac{\$1,2704}{m} \cdot \frac{0,89}{g}$$



3. ANALIZAR

El VRP es un problema altamente complejo y difícil de resolver ya que su solución en problemas de tamaño real puede tardar semanas o hasta meses de cómputo^[4].

En la literatura científica se encuentra una gran variedad de métodos de solución para el VRP. Estos métodos pueden clasificarse en exactos y aproximados.



4. OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar un algoritmo que soporte la toma de decisiones en la gestión de operaciones de transporte en las empresas colombianas para solucionar el problema de enrutamiento de vehículos ecológico con flota homogénea.

Objetivos específicos

1. Analizar los modelos matemáticos y métodos de solución heurísticos de búsqueda local más utilizados en la literatura científica para el PRP con ventanas de tiempo y flota homogénea.
2. Proponer un modelo matemático y/o heurística que permita a las empresas minimizar los costos logísticos asociados a fletes y a contaminación, cumpliendo con las restricciones de ventanas de tiempo exigidas por los clientes.
3. Determinar la velocidad óptima de viaje, la distancia total recorrida, la cantidad de emisiones de CO₂, el número promedio de vehículos y los costos totales, mediante el modelo matemático propuesto o mediante el diseño e implementación de una heurística de búsqueda local.
4. Validar los resultados del modelo propuesto, mediante la comparación de los indicadores del sistema actual, demostrando que la alternativa de solución satisface con los requerimientos de los clientes.

5. DISEÑAR

Modelo

VARIABLES DE DECISIÓN

- X_{ijkv} : 1 Si el vehículo k va de i a j con velocidad v
- W_{ik} : Tiempo de inicio de atención el cliente i por el vehículo k
- Y_{ik} : Carga actual del vehículo k en el cliente i
- CostDist: Costo total de distancia en COP.
- CostTotalEmi: Costo total de emisión de CO₂ en COP.

Función objetivo.

$$\text{Min } z = \text{CostDist} + \text{CostTotalEmi}$$

Restricciones

$$\sum_{j \in PN_i^+} \sum_{k \in K} \sum_{v \in V} X_{ijkv} = 1, \quad \forall i \in N \setminus \{0\} \quad A$$

$$W_{jk} \geq \sum_{v \in V} X_{0jvk} t_{0jv} - M \cdot \left(1 - \sum_{v \in V} X_{0jvk} \right), \quad \forall j \in N \setminus \{0\}, \quad \forall k \in K \quad B$$

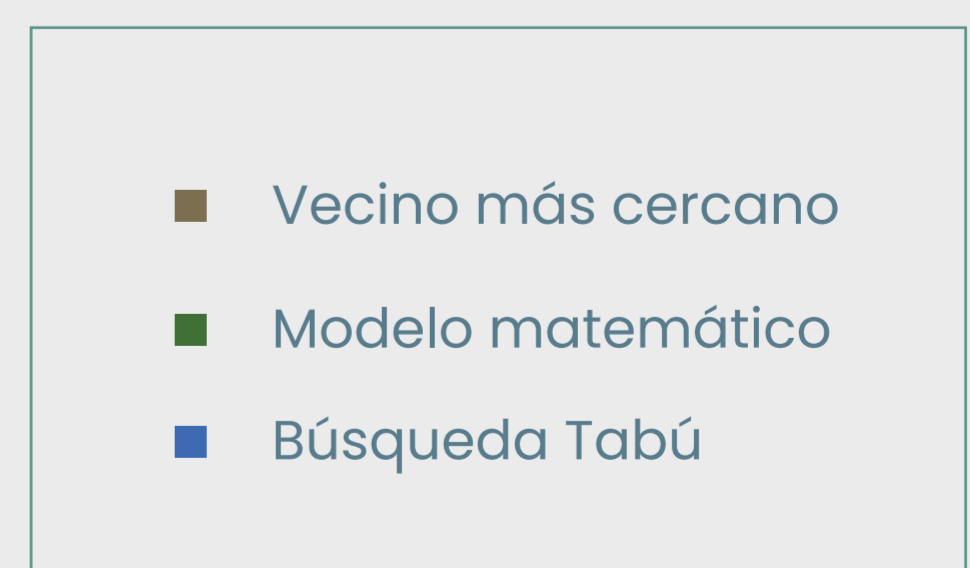
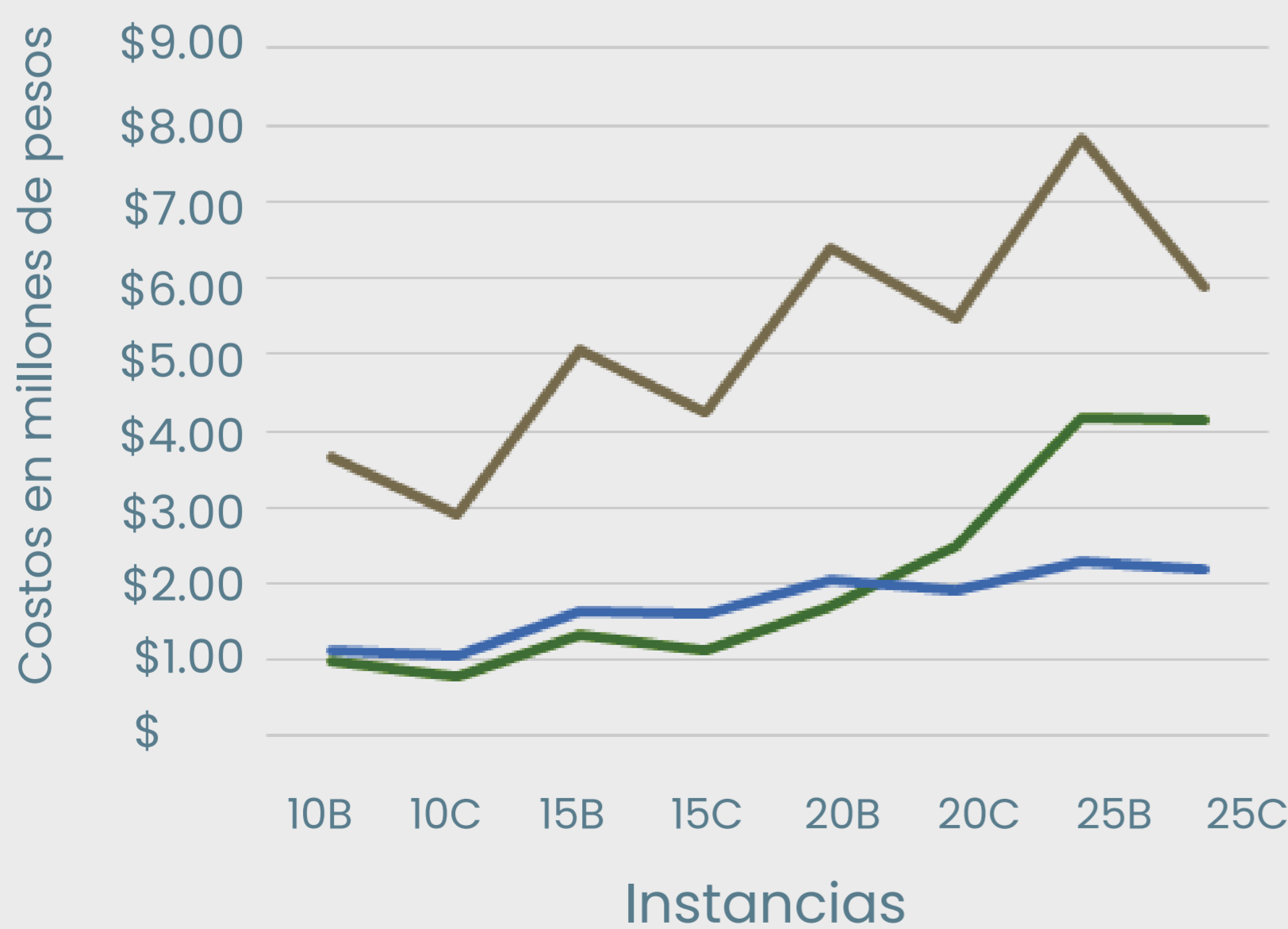
$$\text{Emi}_{ijkv} \geq d_{ij} * \left(110 + 0,000375 * \text{Vel}_v^3 + \left(\frac{8702}{\text{Vel}_v} \right) * GC_{ijv} * LC_{ijkv} + (X_{ijkv} - 1) * M, \right. \\ \left. \forall (i,j) \in PN : i \neq j, \quad \forall k \in K, \quad \forall v \in V \quad C \right.$$

Búsqueda Tabú



6. VERIFICAR

Costos totales de ruteo



CONCLUSIONES:

• En comparación con el método del vecino más cercano, La implementación del modelo matemático permitió una reducción del costo total de ruteo de 62,08% en promedio y una reducción de las emisiones de 81,23%. Resulto eficiente para resolver problemas de ruteo pequeños, debido a que encuentra soluciones óptimas.

• La implementación de la búsqueda tabú permitió una reducción promedio del costo total de 66,04%, y una reducción de emisiones de 90,97%, resultando más eficiente para problemas de ruteo con altos números de clientes y más económico para su implementación.

[3] T. W. Bank, "LPI: Global Rankings 2018," 2018.

[1] Departamento Nacional de Planeación, "ENCUESTA NACIONAL LOGÍSTICA 2018," 2018.

[2] S. Joya, C. Peña, and A. Prada, "PRODUCTOS ANALÍTICOS PARA APOYAR LA TOMA DE DECISIONES SOBRE ACCIONES DE MITIGACIÓN A NIVEL SECTORIAL," Bogotá. D.C, 2014.

[4] A. H. G. LENSTRA, J. K.; RINNOOY KAN, "Complexity of Vehicle Routing and Scheduling Problems.pdf," vol. 11, pp. 221–227, 1979.