



## SIMULACIÓN DE MONTECARLO PARA EL PROBLEMA DE TRANSPORTE DE TUBERÍA

**Rodolfo Garza Morales**

**Universidad Autónoma de Nuevo León**

Av. Universidad s/n Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, NL, México  
[rodgarzam@gmail.com](mailto:rodgarzam@gmail.com)

**Miguel Mata Pérez**

**Universidad Autónoma de Nuevo León**

Av. Universidad s/n Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, NL, México  
[mighelmata@gmail.com](mailto:mighelmata@gmail.com)

**Jania Astrid Saucedo Martínez**

**Universidad Autónoma de Nuevo León**

Av. Universidad s/n Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, NL, México  
[jania.saucedo@gmail.com](mailto:jania.saucedo@gmail.com)

### RESUMEN

Una empresa regiomontana productora de tubería ligera, compuesta por 5 plantas, 45 centros de distribución y más de 300 clientes en toda la república, se enfrenta diariamente al problema de distribución y carga de su producto. Actualmente el departamento de embarque de cada planta no cuenta con una herramienta que proporcione un soporte para solucionar este problema, por lo que esta asignación se lleva a cabo usando estrategias desarrolladas a partir del conocimiento acumulado a través del tiempo, basados en esta experiencia deciden qué unidad de transporte será asignada a cierta ruta, qué carga deberá llevar y cuál será el acomodo de esta carga. Por otra parte, la decisión debe ser tomada dependiendo del tipo de pedidos, depósitos, vehículos y restricciones operativas sobre las rutas.

En el problema clásico de distribución se cuenta con un conjunto de plantas que surten a almacenes y estos a su vez distribuyen a los clientes. Este problema básico puede tener múltiples variantes y arquitecturas, por ejemplo, ventanas de tiempo para entrega y recepción, rutas con múltiples destinos, etcétera. Dada la importancia económica de este problema dentro de la cadena de suministro, una adecuada planificación de la distribución significa un ahorro importante para las empresas.

Otro problema de interés relacionado a la distribución de tubería, es el del empaquetamiento adecuado de los productos para maximizar la ocupación del volumen del vehículo de carga, es decir, el empaquetamiento de objetos cilíndricos en las cajas de los vehículos de transporte o, equivalentemente, el acomodo de un conjunto de círculos en un contenedor rectangular sin traslaparse. Además de determinar las rutas que han de seguir.

Actualmente la distribución de este tipo de productos se lleva a cabo empíricamente, por lo que se suele incurrir en gastos innecesarios. Dar una solución analítica al problema de distribución de tubería tiene implícito solucionar tres problemas básicos como: el de asignación de rutas de vehículos, el de empaquetamiento de círculos dentro de rectángulos y el empaquetamiento de círculos dentro de círculos.

Cada uno de estos problemas ha sido ampliamente estudiado en la literatura y son conocidos por su complejidad computacional, es decir, que para dar solución a estos problemas se requiere un esfuerzo considerable de cálculo lo cual suele implicar un tiempo de cómputo potencialmente



grande, es por eso que en este trabajo presentamos un método de solución mediante simulación y procedimientos heurísticos.

**PALAVARAS CLAVE. empaquetamiento, asignación de rutas, distribución de productos.**

**L&T Logística y Transporte, SIM Simulación,**

**ABSTRACT**

A Mexican light pipe manufacturer has 5 production plants, 25 distribution centers and more than 300 customers throughout Mexico. These manufacturing plants have to load and distribute their product every day. The shipping department currently does not count with a support tool to help them in planning the loading and distribution task. Because of that, the planning is done using strategies based on the accumulated experience they have had through the years. Based on this experience, the load planner decides the unit to be assigned to a route, the customer order items to be loaded and their arrangement into the truck. These loading and routing decisions are taken according to the day's customer orders, distribution centers requirements, vehicle availability and operating constraints over the routs.

In the classical distribution problem we have a set of plants supplying product to warehouses and the warehouses delivering to customers. This classical problem can have multiple variants and architectures like delivery time windows routs including multiple destinations among others. Due to the economic relevance of this operation, a good loading and distribution planning represents substantial savings in the supply chain.

The complexity of the loading problem is such that there are three intertwined problems that are mandatory to jointly solve to really have a usable solution to the original loading problem. These are: (1) packing circles into rectangles and (2) packing circles into circles, to maximize the loading capacity and the (3) vehicle routing problem with multiple stops. These problems are the equivalent of loading the pipes into the trailer (first problem) and loading pipes inside pipes of a greater diameter (second problem). Besides solving these two problems we require to solve the routing problem (third problem). These three problems have to be solved simultaneously because the routs depend on the customer order's destination and for that routing definition we have to define which orders are to be loaded in the truck which depends of the loading arrangement.

Currently, the loading and routing is done empirically, resulting in unnecessary costs. To solve the (1) circle packing into rectangles, (2) circle packing into circles and the (3) routing problems analitically results in an extremely difficult task.

Each of these problems has been widely studied in the literature and are very well known by their computational complexity. In other words, to solve each of these problems a great computational effort is required which is translated into potentially excessive computational time. Because of this, in this work we present a solution using simulation and heuristic procedures.

**KEYWORDS.** Circle packing, vehicle routing, product distribution.

L&T logistics and transportation, SIM simulation

