

## **Plan de trabajo**

### **Metaheurística para un problema de diseño de cadena de suministro con múltiples objetivos e incertidumbre en las demandas**

Las tareas del presente plan de trabajo están relacionadas con el proyecto de doctorado que realiza la estudiante bajo la supervisión de la Dra. Ada Álvarez de la Universidad Autónoma de Nuevo León y el Dr. Joaquín Pacheco Bonrostro de la Universidad de Burgos. La Dra. Alvarez es especialista en la modelación y solución algorítmica de problemas de optimización mediante la aplicación de técnicas de investigación de operaciones y el diseño de algoritmos eficientes especializados. Específicamente sus últimos trabajos se han enfocado en problemas de diseño de redes, incluyendo los que envuelven decisiones de ubicación de instalaciones y transportación de productos, así como el diseño e implementación de metaheurísticas a problemas aplicados de este tipo. Por su parte del Dr. Pacheco enfoca su línea de investigación hacia el diseño de algoritmos metaheurísticos y su aplicación a problemas reales.

#### **Descripción de problema**

El diseño y operación eficiente de una cadena de suministro de cualquier empresa manufacturera representa una de las acciones más importantes dentro de las actividades de planificación. En general, una cadena de suministro es una red de proveedores, plantas manufactureras, almacenes y canales de distribución organizados para adquirir materia prima, convertirla en productos terminados y distribuirlos hasta los clientes. Las actividades de planificación de una cadena de suministro pueden ser del orden estratégico, táctico u operacional. Desde el punto de vista estratégico, la planificación consiste en determinar la configuración de la red, lo que comprende decidir la cantidad de instalaciones, sus ubicaciones, capacidades y tecnología.

El problema aquí propuesto se ubica en la fase de planeación estratégica. Se basa en un diseño de cadena de suministro de dos niveles en donde el producto es enviado de las plantas a las bodegas en el primer nivel y de éstas a los centros de distribución en el segundo. El número de plantas existentes así como sus capacidades son fijas, el número de centros de distribución existentes también es fijo y cada uno tiene asociada una demanda del producto. Una de las decisiones que deben tomarse concierne a cuántas y cuáles bodegas abrir de entre un conjunto de localizaciones potenciales. Las bodegas tienen definidas una capacidad y un costo fijo por abrirse, el cual está en dependencia del lugar en donde se localicen. Debe decidirse también en qué forma transportar los productos a lo largo de la cadena ya que se tienen varias opciones que corresponden a diferentes servicios de transporte definidos por parámetros de costo y tiempo los cuales están correlacionados negativamente.

Olivares (2007) modela el problema como un modelo entero mixto, minimizando el costo total y el tiempo máximo que toma enviar el producto a través de los dos niveles de la cadena de suministro. Sin embargo, con frecuencia en los problemas de diseño hay elementos de incertidumbre al momento de tomar las decisiones, como por ejemplo las demandas que se tendrán cuando esté en operación el sistema, los costos, etcétera. La literatura revela que la fuente de incertidumbre más importante y más extensivamente estudiada es la demanda. El énfasis en incorporar incertidumbre en la demanda en las decisiones de planeación es apropiado ya que satisfacer la demanda de los clientes de forma efectiva es lo que conduce principalmente la mayoría de las iniciativas de planeación de las cadenas de suministro (Guillén, 2005).

En la investigación doctoral que se trabaja, se incorpora incertidumbre en las demandas de los centros de distribución y proveerá un conjunto de soluciones al tomador de decisiones que “minimicen” ambos criterios de desempeño: el económico (costo) y el referente a la calidad del servicio (envío más rápido).

En su tesis de maestría “Diseño de una cadena de suministro con múltiples objetivos e incertidumbre en las demandas”, realizada bajo la dirección de la Dra Álvarez, Cardona (2009) propuso un modelo estocástico de dos estados en el que la incertidumbre es considerada explícitamente. Se formularon dos modelos matemáticos en correspondencia con dos alternativas de solución propuestas.

Las propuestas de solución emplean el método de la epsilon--restricción aludiendo a la parte multiobjetivo del problema. La diferencia entre una alternativa y otra radica precisamente en la manera de resolver la parte estocástica. Una de ellas consiste en resolver la forma extensiva del problema como un modelo lineal a gran escala, y la otra en resolverlo a través del método de descomposición de Benders para problemas estocásticos, el cual se resuelve de forma iterativa; ambas metodologías de solución son exactas.

La implementación y desarrollo computacional de los métodos de solución se realizó mediante el software de optimización CPLEX y C++. Los experimentos computacionales mostraron que el alcance de ambas metodologías resulta limitado para resolver el problema de forma exacta, ya que sólo es posible resolver instancias pequeñas dentro de un tiempo de cómputo razonable. Así mismo, el estudio realizado permitió conocer cómo influyen algunos parámetros, tales como la variabilidad de las demandas de los centros de distribución y las capacidades de las bodegas, en el desempeño de las metodologías de solución propuestas.

Dadas las limitaciones al resolver el problema mediante metodologías exactas, y teniendo en cuenta que el problema está clasificado como NP-difícil, surge la necesidad de desarrollar técnicas heurísticas (o metaheurísticas) para obtener soluciones aproximadas de buena calidad en instancias de mediana a gran escala en forma relativamente rápida.

Durante la estancia de investigación se profundizará en en metodologías de solución mediante metaheurísticos multiobjetivo, razón por la cual se trabajará en el desarrollo e implementación de los algoritmos especializados para nuestro problema, y se realizará experimentación computacional para validar su comportamiento y efectividad en términos de calidad y tiempo de cómputo.

A continuación se presentan los objetivos específicos, los resultados esperados y el programa de trabajo:

#### **Objetivos específicos:**

- Revisión profunda de bibliografía en metaheurísticas para problemas de optimización combinatoria estocástica multiobjetivo.
- Desarrollo e implementación de metaheurísticas multiobjetivo.
- Involucrar en el proyecto a personas expertas en el tema bajo estudio con distintos puntos de vista para favorecer la creación de metodologías más completas, en particular, a los integrantes del grupo de investigación al que pertenece el Dr. Joaquín Pacheco quienes tienen amplia experiencia en el área de la Programación Multiobjetivo.
- Avanzar en el proyecto hasta la conclusión de la etapa de experimentación, con apoyo y visto bueno del codirector externo de esta investigación doctoral.

#### **Resultados esperados**

- Implementación y desarrollo de un metaheurístico multiobjetivo para el problema de diseño de cadena de suministro estocástico
- Presentación de los avances del trabajo en congresos internacionales
- Preparación de un manuscrito derivado de la investigación para ser sometido a arbitraje en una revista internacional.
- Reforzar la colaboración en investigación y publicación entre el posgrado en Ingeniería de Sistemas de la Universidad Autónoma de Nuevo León y el Departamento de Economía Aplicada de la Universidad de Burgos.

#### **Plan de trabajo**

##### **Etapas 1: 01 al 28 de febrero**

Generación de un conjunto inicial eficiente a través de búsquedas tabú enlazadas:

- Implementación de búsquedas tabú para minimizar la función del costo a partir de la solución que provee el GRASP diseñado considerando el objetivo del costo como función de evaluación.
- Diseño de un algoritmo GRASP para nuestro problema de diseño de cadena de suministro considerando el objetivo del tiempo de servicio como función de evaluación en la fase constructiva.
- Implementación de búsquedas tabú para minimizar la función del tiempo a partir de la solución que provee el GRASP diseñado considerando el objetivo del tiempo de servicio como función de evaluación.

##### **Etapas 2: 1 al 31 de marzo**

- Desarrollo e implementación de procedimientos basados en búsqueda tabú para generar las soluciones del conjunto compromiso empleando como métrica de guía la norma  $L_{\infty}$ .

**Etapa 3: 1 al 30 de abril**

- Diseño de un procedimiento de Intensificación basado en búsqueda por entornos variables o búsqueda dispersa con el objetivo de mejorar la aproximación obtenida del frente de Pareto.

**Etapa 4: 1 al 31 de mayo**

- Diseño de experimentos para ajustar los parámetros, así como validar todos los procedimientos algorítmicos diseñados.

**Etapa: 1 al 30 de junio**

- Realización de experimentos computacionales para evaluar el comportamiento y efectividad en términos de calidad de la solución y tiempo de cómputo del algoritmo diseñado, así como evaluar la contribución de cada una de sus partes.

**Etapa: 1 al 31 de julio**

- Análisis de los resultados obtenidos.
- Preparación de un manuscrito para la elaboración de un artículo para publicar en una revista internacional

**Dra. Ada Alvarez**

Profesor Investigador del Programa en  
Ingeniería de Sistemas  
Universidad Autónoma de Nuevo León



**Dr. Joaquín Pacheco**

Director del Departamento de Economía  
Aplicada  
Universidad de Burgos