

Resumen

A lo largo de esta tesis se analiza un tipo de industria que presenta dos características básicas: sus productos son distribuidos ampliamente a nivel geográfico y hacen uso de elementos que una vez usados regresan al proceso de fabricación para hacer parte de los nuevos productos. Características que plantean de entrada un reto a nivel logístico. Este tipo de cadenas de suministros se caracteriza además por la presencia de varios eslabones que permiten acercar el producto desde las plantas de producción hasta llegar al consumidor final.

En primer lugar se hace un análisis de la estructura de la cadena de suministros, desde la producción, en las plantas de procesamiento hasta su llegada al cliente final por intermedio de los detallistas, en el sentido “aguas abajo”, y desde el consumo del producto y la consecuente liberación de los materiales reutilizables que una vez clasificados deben conducirse “aguas arriba” hasta las plantas de producción, donde son preparados y utilizados una y otra vez, en un ciclo que se repite hasta el final de su vida útil.

El foco de atención y sobre el cual se actúa consiste en la integración de dos funciones fundamentales de la cadena de suministros, en este caso la planeación de la producción y la distribución del producto con la consecuente recolección de los materiales de retorno. Al respecto, se precisa realizar la planeación de la producción de manera que dé satisfacción a la demanda que tiene lugar en los detallistas, y que se abastezca de los materiales de retorno que, una vez consumido el producto, se reincorporan al proceso.

Se hace una revisión bibliográfica de lo relacionado con los conceptos de planeación de la producción, logística inversa y ruteo de vehículos y; se construyen modelos de programación matemática que soportan la toma de decisiones en la planeación de la producción (en las plantas), de los inventarios (a lo largo y ancho de toda la cadena de suministros), y de los envíos que deben realizarse en uno y otro sentido en las correspondientes rutas.

Como resultado de la investigación se presentan tres modelos de programación lineal entera mixta, MILP (por su abreviatura del inglés *Mixed Integer Linear Programming*, así:

Modelo de planeación de la producción: Modelo matemático en el cual se representa la cadena de suministros a partir de las instalaciones de cada uno de los niveles y su ubicación geográfica, y se determinan los volúmenes a producir, a almacenar y las cantidades que se deben enviar desde cada nodo de la cadena de suministros a los demás, de modo que se satisfaga la demanda en un horizonte de planeación compuesto por varios periodos. Este modelo presenta restricciones de capacidad tanto de producción como de almacenamiento, de demanda, de compatibilidad de productos con las instalaciones, pues no todos los productos suelen estar en todas las instalaciones, y de envíos directos entre determinados nodos de la cadena de suministros (particularmente entre productores y detallistas), entre otros aspectos.

Modelo de ruteo de vehículos: Modelo matemático que representa la forma en que se deben distribuir los productos desde los diferentes nodos fuente a los diferentes nodos destino, haciendo uso de una flota heterogénea de vehículos, en un periodo de tiempo. El modelo se hace bajo el supuesto de que los nodos son o emisores o receptores del producto (plantas y detallistas), aunque en su utilización un nodo intermedio puede asumir uno de estos roles según si es origen o destino de las mercancías. Para este modelo se tienen en cuenta las restricciones asociadas al uso de la flota, a su capacidad tanto en masa como en volumen, los flujos a lo largo de la cadena bajo la premisa de que un vehículo parte de un nodo fuente y puede visitar varios nodos destino antes de regresar, y de que un nodo puede ser visitado por varios vehículos (bien por las condiciones de compatibilidad entre nodos y productos o bien porque resulta más económico abastecer la demanda de esta forma), ante la presencia de ventanas de tiempo tanto rígidas como suaves.

Modelo integrado de gestión de producción y logística: Es un modelo que reúne los dos modelos anteriores, es decir, permite la planeación de la producción, la gestión de los inventarios y el ruteo de vehículos para un horizonte de planeación determinado.

Los tres modelos se proponen con el objetivo de minimizar los costes totales y son evaluados con instancias de prueba, apropiadas.

Los modelos fueron implementados haciendo uso del software de optimización Gurobi 6.5.1 y del lenguaje de programación python2.7. Además, se implementó una heurística constructiva y un algoritmo genético utilizando el lenguaje de programación python y el software Pyevolve, como alternativa a la solución del modelo de ruteo de vehículos, con el fin de reducir el tiempo de ejecución.