

CAPÍTULO 2

BREVE REVISIÓN DEL PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN

En este capítulo se presenta una descripción de algunos problemas de localización y las principales características que los distinguen.

Los problemas de localización de instalaciones (PLI) han sido estudiados desde muchos puntos de vista y para diferentes aplicaciones. Los PLI surgen de la necesidad de ubicar instalaciones, con el fin de satisfacer de manera óptima la demanda de un conjunto de clientes. Las primeras teorías de localización fueron postuladas por economistas y geógrafos, tales como: Johann Von Thunen, Alfred Weber, August Losch, Edgar Hoover, Melvin Greenhut y Walter Isard [1]. Todos los trabajos desarrollados por estos investigadores tienen un tema en común: la importancia de los costos de transporte para determinar la ubicación de las instalaciones. Asimismo, algunos de los conceptos utilizados hoy en día, fueron sugeridos por estas personas. El primer modelo de localización fue propuesto en 1909 por Alfred Weber, aunque el área de estudio de “Localización de Instalaciones”, surge hasta en los años 60’s [2]. Desde entonces, se han desarrollado una gran cantidad de métodos analíticos que constituyen una herramienta de apoyo para la toma de decisiones sobre los PLI. Los PLI son un elemento fundamental del plan estratégico general de cualquier empresa, dado el impacto que tienen para alcanzar los objetivos empresariales.

Existen diversos objetivos para los PLI, por ejemplo: otorgar un servicio con el costo mínimo (o mínima distancia), obtener la máxima cobertura de servicio, minimizar la distancia total entre la oferta y la demanda, asegurar que ningún elemento de la demanda pueda estar situado a mayor distancia de un centro de oferta que el alcance espacial de ese servicio, asegurar que el máximo posible de la demanda se encuentre dentro de una distancia fijada por el usuario, entre otros.

Los elementos básicos considerados en los modelos de localización son: el número de instalaciones a ubicar, la posición geográfica potencial para cada una de las instalaciones y la capacidad de la oferta de cada instalación.

Existe una gran variedad de sistemas y de circunstancias que generan una variedad de problemas de localización, algunas de sus características se describen a continuación:

- Capacidad: se considera que las instalaciones tienen restricciones de capacidad (con capacidad) o no se considera en el estudio la capacidad de las instalaciones (sin capacidad).
- Número de productos: puede ser para uno o múltiples productos.
- Tipo de abastecimiento los productos: puede ser de asignación única, es decir, cada punto de demanda tiene que ser atendido completamente por una sola instalación, o bien, asignación múltiple, esto es que más de una instalación puede satisfacer la demanda para cierto cliente.
- Horizonte de planeación: puede ser para uno o más periodos.
- Niveles: se dice que un problema es de un nivel, cuando se tiene un conjunto de clientes y un conjunto de ubicaciones potenciales para instalaciones del mismo tipo. Por otro lado, si se tiene un conjunto de clientes y dos conjuntos distintos de instalaciones, por ejemplo plantas y almacenes, se dice que es de dos niveles. De la misma forma, si se tienen tres tipos de instalaciones aunado a los clientes, se le llama de tres niveles. Existen propuestas de modelos que permiten representar los problemas de múltiples niveles, planteando un problema de cadena de suministro.
- Tipos de instalaciones por ubicar: todas las instalaciones a ubicar son del mismo tipo, o bien, hay más de un tipo de instalaciones.

Los trabajos en la literatura para los PLI contemplan una o más de estas características. Asimismo, en algunos estudios existe un límite en el número de ubicaciones a seleccionar. Es importante mencionar que en los PLI de dos niveles, en el primer nivel se considera la interacción entre los dos conjuntos de

instalaciones, y en el segundo la interacción entre los clientes y las instalaciones inmediatas superiores.

Este proyecto estudia el problema de localización de instalaciones en dos niveles, para múltiples productos, con restricciones de capacidad (PLIDMC). El primer nivel está formado de las plantas de manufactura y los almacenes; mientras que, el segundo nivel se compone de los almacenes y los clientes. El primer nivel es de asignación múltiple para los productos, y el segundo de asignación única. Por lo que, se selecciona un conjunto de ubicaciones para almacenes y un conjunto de ubicaciones para plantas, asignando toda la demanda, con el objetivo de minimizar los costos de operación de las instalaciones y los costos de distribución de los productos.

A continuación, se presenta una breve revisión de los problemas de dos o más niveles con objetivos similares al PLIDMC que han sido estudiados en la literatura. Los trabajos [3], [4], [5] y [6] presentan el problema de localización de instalaciones en dos niveles, ubicando sólo un tipo de instalaciones, en este caso almacenes. El problema estudiado en [3] es para un producto, mientras todos los demás artículos estudian el problema para múltiples productos. El objetivo es seleccionar un conjunto de ubicaciones para los almacenes, tomando en cuenta los costos de distribución de los dos niveles y los costos fijos de operación de los almacenes. Además, todas las instalaciones tienen restricciones de capacidad. De tal manera, para obtener resultados [3] propone una heurística que aplica relajación lagrangeana, resolviendo el problema sin restricciones de capacidad, además fortalece la relajación analizando las restricciones de dualidad. Para obtener soluciones en [4] se utiliza el método de enumeración, obteniendo la cota inferior por medio de transformaciones estructurales. En [5], la metodología aplicada se basa en una relajación lineal, planos de corte y el método de generación de columnas, después en base a la cota inferior encontrada se aplica enumeración. En [6] la técnica de solución aplicada es la descomposición de Benders.

Por otro lado, existen trabajos que ubican instalaciones de distintos tipos, por ejemplo Ro y Tcha [7]. En su trabajo, seleccionan un conjunto de ubicaciones para los almacenes y otro conjunto para las ubicaciones de las plantas. Proponen un modelo de dos niveles para un producto con asignación múltiple, sin restricciones de capacidad para sus instalaciones, con la característica de que la demanda puede ser entregada a los clientes tanto desde los almacenes, como desde las plantas; es decir, el producto no necesariamente pasa por un almacén y puede ser distribuido directamente a los clientes desde una planta. Para obtener soluciones aplican un algoritmo de enumeración, y obtienen una cota inferior aprovechando la submodularidad de la función objetivo y la estructura de las restricciones.

Tragantalerngsak et al. [8], estudian el problema de dos niveles para un producto con asignación única, seleccionando un conjunto de ubicaciones tanto para los almacenes como para las plantas. Además, las plantas cuentan con restricciones de capacidad, mientras que los almacenes no. En su modelo, las plantas tienen un costo fijo de operación, mientras que los almacenes no. Para su solución utilizan seis heurísticas basadas en una relajación lagrangeana, resolviendo el problema dual por medio del procedimiento de optimización subgradiente. Estos autores continuaron en el estudio de este problema, modificando su modelo para obtener soluciones con múltiples productos [9]. Para obtener soluciones proponen un algoritmo de enumeración basado en una relajación lagrangeana.

Asimismo, Saha y Yuan [10] plantean un modelo para un problema de dos niveles, localizando instalaciones con restricciones de capacidad en ambos niveles, para múltiples productos, con un límite en el número de instalaciones por seleccionar. Consideran dos variaciones, primero resuelven el problema con asignación múltiple tanto para las plantas como para los almacenes; después, modifican el problema con la característica de abastecimiento de asignación única para los almacenes. Utilizan un algoritmo de enumeración para resolver las dos

variaciones del problema. Además, aplican un análisis de sensibilidad con el objetivo de demostrar la influencia de la cantidad de demanda y el número de productos sobre las variables de decisión y los costos totales.

Por otro lado Pirkul y Jayaraman [11], proponen un algoritmo que selecciona un conjunto de ubicaciones para las plantas y otro conjunto para los almacenes, con asignación única de abastecimiento sólo para los almacenes, con un número fijo de instalaciones por seleccionar. Presentan un modelo de programación entera mixta para el problema, empleando la relajación lagrangeana, así como una heurística para producir soluciones factibles efectivas. Pirkul y Jayaraman [12], proponen un modelo para tres niveles agregando un conjunto de proveedores de materias primas, también consideran los costos de transporte de las materias primas a las plantas. Para la obtención de soluciones proponen un procedimiento heurístico que utiliza el resultado de la relajación lagrangeana del problema.

El estudio de Hinojosa et al. [13] propone un algoritmo para el problema de dos niveles para múltiples productos. Considera la selección de ubicaciones para plantas y almacenes, asimismo, todas las instalaciones tienen restricciones de capacidad y el problema tiene un número límite para el número de instalaciones por seleccionar. Además, agrega la variante del horizonte de planeación, es decir, estudia el problema para múltiples periodos. Para resolver el problema se formula una relajación lagrangeana, junto con un procedimiento heurístico que construye soluciones factibles del problema original a partir de las cotas inferiores obtenidas por la relajación.

Se han estudiado distintos modelos para los problemas de múltiples niveles. Por ejemplo, Tcha y Lee [14] estudian un modelo para un sólo producto, donde las instalaciones no tienen restricciones de capacidad, seleccionando un conjunto de ubicaciones para las instalaciones en cada nivel. Obtienen resultados aplicando el procedimiento dual ascendente y primal descendente de Erlenkotter, después utilizan un algoritmo de enumeración.

También para múltiples niveles, Keskin y Uster [15] presentan un modelo para la apertura de almacenes con múltiples productos, con un número de instalaciones máximo por seleccionar. En su modelo sólo los almacenes tienen un costo fijo de operación. Para obtener resultados desarrollan un procedimiento meta-heurístico híbrido, incluyendo búsqueda dispersa con re-encadenamiento de trayectoria y búsqueda tabú.

Canel et al. [16] estudian un modelo para múltiples niveles, con asignación múltiple para los productos, con restricciones de capacidad, de tal manera que, se selecciona un conjunto de ubicaciones para cada uno de los niveles. El proceso de obtención de soluciones utiliza programación dinámica y un algoritmo de enumeración. Se genera una lista de soluciones candidatas para cada periodo y posteriormente una secuencia óptima de configuraciones en un horizonte de planeación.

TABLA 1 RESUMEN DE LOS ESTUDIOS RELACIONADOS CON PLIC

CARACTERISTICAS	Klose [3]	Hindi et al. [4]	Geoffrion y Graves [6]	Elhedhi y Goffin [5]	Ro y Tcha [7]	Tragantalerngsak et al. [8]	Tragantalerngsak et al. [9]	Hinojosa et al. [13]	Saha y Yuan [10]	Pirkul y Jarayaman [11]	Keskin y Uster [15]	Canel et al. [16]	Pirkul y Jarayaman [12]	Tcha y Lee [14]
Niveles	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	M	M	3	M
Localiza Almacenes	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Localiza Plantas	N	N	N	N	S	S	S	S	S	S	N	S	S	S
Límite en el Número de instalaciones	N	N	N	N	N	N	N	S	S	S	S	N	S	N
Almacenes con Capacidad	C	C	C	C	U	U	U	C	C	C	C	C	C	U
Plantas con Capacidad	U	C	C	C	U	C	C	C	C	C	C	C	C	U
Abastecimiento	X	X	X	G	L	G	G	L	X	X	L	L	L	L
Costos fijos para almacenes	S	S	S	S	S	N	N	S	S	S	S	S	S	S

CARACTERISTICAS	Klose [3]	Hindi et al. [4]	Geoffrion y Graves [6]	Elhedhi y Goffin [5]	Ro y Tcha [7]	Tragantalerngsak et al. [8]	Tragantalerngsak et al. [9]	Hinojosa et al. [13]	Saha y Yuan [10]	Pirkul y Jarayaman [11]	Keskin y Uster [15]	Canel et al. [16]	Pirkul y Jarayaman [12]	Tcha y Lee [14]
Costos fijos para plantas	N	N	N	N	S	S	S	S	S	S	N	S	S	S
Numero de productos	1	M	M	M	1	1	M	M	M	M	M	M	M	1
Variables de flujo separadas por niveles	S	N	N	S	N	N	N	S	N	S	S	S	M	N
Periodos	1	1	1	1	1	1	1	M	1	1	1	M	1	1
S: si N: no C: capacidad limitada U: sin capacidad M: múltiple G: asignación única L: asignación múltiple X: asignación mixta														

La Tabla 1 resume las características de los modelos propuestos en los trabajos descritos previamente. El primer renglón muestra la cantidad de niveles del modelo estudiado. El segundo y tercer renglón, muestran el tipo de instalaciones que se ubican. El cuarto indica si existe un número fijo o un número máximo de instalaciones por abrir. Los siguientes dos renglones describen si las instalaciones tienen o no restricciones de capacidad. El renglón de abastecimiento define si el problema es de asignación única o múltiple para alguno de los niveles. Los renglones 8 y 9 expresan si se consideran costos fijos de operación para las instalaciones. El siguiente renglón muestra si el modelo es para uno o más productos. La característica de las variables de flujo separadas por niveles, clasifica si los costos de distribución de un producto son independientes entre los niveles, o es una variable que relaciona a ambos niveles. Por último, se determina el horizonte de planeación.

Finalmente, el PLIDMC estudiado en este trabajo es un problema de localización de dos niveles con restricciones de capacidad, para múltiples productos, con asignación única de los clientes a los almacenes y asignación múltiple de almacenes a las plantas, los costos de distribución y las variables de decisión, son independientes entre los niveles. El modelo que se estudia es una variación del presentado por Pirkul y Jayaraman [11], ya que los autores plantean

un número fijo de instalaciones por abrir, mientras en este estudio se busca determinar el número óptimo de instalaciones.

En el siguiente capítulo se describe el problema y se propone una formulación para el mismo.