

<p>Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS</p>	<p> INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO</p>	<p>MIEMBRO DE LA RED ILUMNO</p>
<p>Versión formato: 2014-07-18</p>	<p>Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano</p>	

ANGÉLICA BUSTOS BERNAL

ÁNGELA SANTANA RAMÍREZ

Bogotá D.C., 14 de Septiembre de 2015

<p align="center">Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS</p>		<p align="center">MIEMBRO DE LA RED ILUMNO</p>
<p>Versión formato: 2014-07-18</p>	<p align="center">Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano</p>	

Diseño de cadena de suministros

Abstract

Las redes de distribución han evolucionado con el tiempo, los proveedores se han desarrollado y han crecido gracias a los requerimientos de los clientes, prestando en la actualidad servicios en toda la cadena, como proveedores 4PL (Fourth Party Logistics) que es la administración de toda la cadena logística desde el transporte hasta la medición de indicadores, pasando por el almacenamiento y los inventarios.

Por otra parte en la actualidad las empresas ubican sus centros de distribución basados en estudios de acuerdo a la localización de sus plantas proveedoras y de sus clientes, volviendo así eficientes los recursos.

1. Introducción

El problema del diseño de cadena de suministros ha adquirido gran importancia en los últimos años, debido a que estos involucran dificultades relevantes como: disminución de inventarios, minimización de costos de operación, maximización de ganancias, etc.

El inconveniente principal es la ubicación de instalaciones que se consideran orígenes, unos puntos de distribución que deben cubrir una serie de demandas de clientes particulares; sus características es que son instalaciones que se deben dimensionar a largo plazo, igual que su capacidad y se debe definir en qué región geográfica que deben localizar.

Se deben tener en cuenta los centros de manufacturas o las plantas que abastecen los centros de distribución, son aquellos orígenes de mercancía y deben tener una localización estratégica para los centros de distribución y se debe considerar su capacidad de producción.

Los centros de distribuciones son aquellos elementos en los cuales se hace transporte de mercancía o puntos en los cuales los que se hace es redireccionar todo lo que llega desde los orígenes a los diferentes clientes.

<p>Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS</p>	<p>INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO</p>	<p>MIEMBRO DE LA RED ILUMNO</p>
<p>Versión formato: 2014-07-18</p>	<p>Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano</p>	

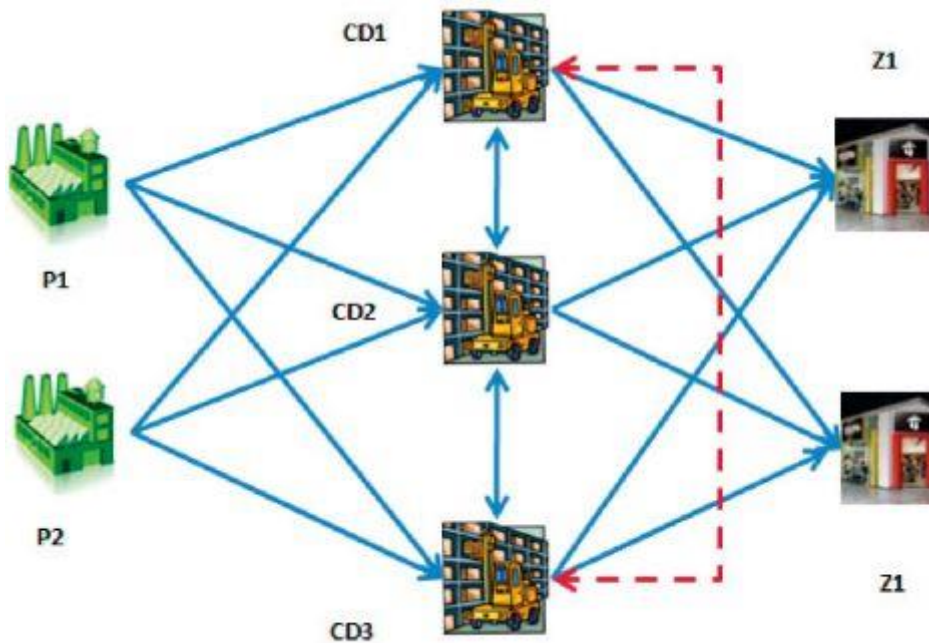


ILUSTRACIÓN 1 - DISEÑO BÁSICO DE UNA CADENA DE SUMINISTRO. FUENTE:

Montoya Torres (1) Modela el diseño de la cadena de suministro asumiendo parámetros determinísticos es decir que hay una capacidad, tanto para los centros de manufactura como para los centros de distribución definidos, así como unas demandas estimadas. Por el contrario Escobar Jhon (2) aborda el problema con demanda conocida. Bajo este esquema hay dos posibilidades. La primera está asociada a la variabilidad inherente en la demanda, Una variación en la demanda está influenciada, entre otras cosas, por un cambio en los gustos de los consumidores, un aumento o disminución de sus ingresos, o por los aumentos o las disminuciones de los precios, generalmente con un aumento del precio, la demanda disminuye. La segunda posibilidad hace referencia al conocimiento de la demanda y tal autor menciona (1) en su publicación se trabajan los modelos con demanda determinística y constante el otro autor también trabaja con problemas inherentes a la variabilidad de la demanda.

<p align="center">Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS</p>		<p align="center">MIEMBRO DE LA RED ILUMNO</p>
<p align="center">Versión formato: 2014-07-18</p>	<p align="center">Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano</p>	

2. Metodología

Para realizar este artículo se revisaron las publicaciones realizadas por diferentes autores y se dividen de acuerdo al tipo de modelo dependiendo de las características de los parámetros asociados y de las características del problema.

3. Marco teórico

Existen diferentes modelos y estudios acerca de la localización de los centros de distribución como son los exactos que consideran los de programación lineal y programación estocástica y los heurísticos o aproximaciones que consideran las heurísticas, simulación y las metaheurísticas.

3.1. Exactos

3.1.1. Programación lineal

3.1.1.1. Problema de medianas

Entradas

i = índice del nodo de la demanda

j = Índice del sitio potencial de instalación

h_i = la demanda en el nodo i

d_{ij} = distancia entre i nodo de la demanda y el sitio de instalación potencial j

P = número de instalaciones que se encuentra

Variables de decisión

X_{ij} = 1 si nos ubicamos en el lugar de instalación potencial j ;
0 si no

Y_{ij} = 1 si las demandas en el nodo i se sirven por una instalación en el nodo j ;
0 si no

$$\text{Minimize } \sum_i \sum_j h_i d_{ij} Y_{ij} \quad (1)$$

$$\text{Sujeto a } \sum_j X_j = P, \quad (2)$$

$$\sum_j Y_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (3)$$

$$Y_{ij} - X_j \leq 0, \quad \forall i, j \quad (4)$$

$$X_j \in [0,1] \quad \forall j, \quad (5)$$

$$Y_{ij} \in [0,1] \quad \forall i, j \quad (6)$$

<p align="center">Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS</p>		<p align="center">MIEMBRO DE LA RED ILUMNO</p>
<p align="center">Versión formato: 2014-07-18</p>	<p align="center">Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano</p>	

El objetivo (1), es minimizar la distancia total de la demanda ponderada entre los clientes

e instalaciones. Restricción (2) requiere que exactamente instalaciones P ser localizados. Restricción (3) asegura que cada demanda se asigna a algún sitio de instalación, mientras que la restricción (4) permite la asignación sólo para sitios en que instalaciones han sido localizados. Restricciones (5) y (6) son requisitos binarios para las variables del problema. Desde demandas, naturalmente, se asignarán exclusivamente a la instalación más cercana en este problema de falta de capacidad (asumiendo $h_i d_{ij} \geq 0 \forall i, j$) restricción (6) puede ser relajada a una simple restricción

de no negatividad ($Y_{ij} \geq 0$).

Se debe tener en cuenta que esta formulación sólo permite las instalaciones que se encuentran en un conjunto de sitios potenciales, estos sitios representan los nodos de una red. Mientras que uno podría imaginar localizar una instalación en cualquier punto a lo largo de un borde de la red, Hakimi demostró que para cualquier número de instalaciones de P, existe al menos una solución óptima al problema-P mediana que se localiza solamente en nodos de red. Por lo tanto, la formulación simplificada incluye sólo nodos como posibles emplazamientos de las instalaciones y todavía no penaliza el valor de la función objetivo.

3.1.1.2. Problemas de coberturas

Entradas

c_j = costo fijo de emplazamiento de una instalación en el nodo j

S = distancia máxima de servicio aceptable (o tiempo)

N_i = conjunto de sitios de instalaciones j poca distancia aceptable de nodo i (i.e., $N_i = \{j \mid d_{ij} \leq S\}$)

$$\text{Minimizar } \sum_j c_j X_j \tag{7}$$

$$\text{Sujeto a: } \sum_{j \in N_i} X_j \geq 1 \quad \forall i \tag{8}$$

$$X_j \in [0,1] \quad \forall j, \tag{9}$$

La función objetivo (7) minimiza el costo de la ubicación de la instalación. En muchos casos, los costos de c_j se supone que deben ser igual para todos los posibles emplazamientos de instalaciones j, lo que implica un equivalente objetivo de minimizar el número de instalaciones ubicadas. La restricción (8) requiere que todas las demandas tengan al menos una instalación situada en la distancia servicio aceptable. Las restricciones restantes (9) requieren la integralidad de las variables de decisión.

<p align="center">Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS</p>		<p align="center">MIEMBRO DE LA RED ILUMNO</p>
<p align="center">Versión formato: 2014-07-18</p>	<p align="center">Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano</p>	

El problema de cobertura máxima busca maximizar la cantidad de demanda cubierta dentro del servicio distancia S aceptable mediante la localización de un número fijo de instalaciones. La formulación de este problema requiere el siguiente conjunto de variables de decisión:

$$Z_i = \begin{cases} 1 & \text{si el nodo } i \text{ es cubierto,} \\ 0 & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

Combinando estas variables con la notación anterior, se deriva la siguiente formulación del problema máximo de cobertura:

$$\text{Maximizar } \sum_i h_i Z_i \tag{10}$$

$$\text{Sujeto a: } Z_i \leq \sum_{j \in N_i} X_j \quad \forall i, \tag{11}$$

$$\sum_j X_j \leq P, \tag{12}$$

$$X_j \in [0,1] \quad \forall j, \tag{13}$$

$$Z_i \in [0,1] \quad \forall i, \tag{14}$$

El objetivo (10) es maximizar la cantidad de demanda cubierto. Restricción (11) determina que los nodos de demanda están cubiertos dentro de la distancia de servicio aceptable. Cada nodo i sólo puede considerarse cubierto (con $Z_i = 1$) si hay una instalación situada en algún sitio j que se encuentra dentro del nodo S_i (es decir, si $X_j = 1$

Para algunos $j \in N_i$). Si hay tal instalación se encuentra, el lado derecho de la restricción (11) será cero, lo que obliga a Z_i cero. Restricción (12) limita el número de instalaciones que se encuentra, para dar cuenta de los recursos limitados. Restricciones (13) y (14) son las restricciones de integralidad de las variables de decisión.

3.1.1.3. Problemas de Centralización

Otro problema que evita el conjunto que cubre potencial inviabilidad del problema es la clase de centro P problemas. En este tipo de problemas, se requiere la cobertura de todas las demandas, pero tratamos de localizar un determinado número de instalaciones de tal manera que minimiza la distancia de cobertura. En lugar de tomar una cobertura de entrada distancia S , este modelo determina

<p align="center">Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS</p>		<p align="center">MIEMBRO DE LA RED ILUMNO</p>
<p align="center">Versión formato: 2014-07-18</p>	<p align="center">Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano</p>	

endógenamente la distancia mínima cobertura asociada a la localización de P instalaciones.

El problema P-centro también se conoce como el problema minimax, a medida que tratamos de minimizar al máximo distancia entre cualquier demanda y su centro más cercano. Si la ubicación de las instalaciones están restringidas a los nodos de la red, el problema es un problema de centro de vértice. Centro de problemas que permiten a las instalaciones que se encuentran en cualquier lugar de la red son problemas del centro absolutos. La solución al problema centro absoluto es a menudo mejor (es decir, tiene asociado un menor valor de la función objetivo) que para el problema de centro de vértice.

Se necesita la siguiente variable de decisión adicional con el fin de formular el problema vértice P-centro:

D = distancia máxima entre un nodo de la demanda y la instalación más cercana.

$$\text{Minimizar } D \quad (15)$$

$$\text{Sujeto a: } \sum_j X_j = P, \quad (16)$$

$$\sum_j Y_{ij} = 1 \quad \forall i, \quad (17)$$

$$Y_{ij} - X_j \leq 0 \quad \forall i, j \quad (18)$$

$$D \geq \sum_j d_{ij} Y_{ij} \quad \forall i, \quad (19)$$

$$X_j \in [0,1] \quad \forall j, \quad (20)$$

$$Y_{ij} \in [0,1] \quad \forall i, j \quad (21)$$

La función objetivo (15) es simplemente para reducir al mínimo la distancia máxima entre cualquier nodo demanda y su instalación más cercana. Restricciones (16 ± 18) son idénticas a (2) ± (4) del problema -P mediana. Restricción (19) define la distancia máxima entre cualquier nodo i y la instalación más cercana j. Finalmente, las limitaciones (20) y (21) son las restricciones de integralidad de las variables de decisión

3.1.1.4. Enfoques dinámicos alternativos

Entradas

d_{ij} la distancia o el tiempo más corto desde el nodo i al nodo j en el período t

$N_{it} = [j | d_{ijt} \leq S] =$ conjunto de sitios que puede cubrir el nodo i en el período t

$h_{it} =$ demanda exigida en el nodo i en el período t

$P_t =$ número de instalaciones operacionales en el período t

Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS	 INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO	MIEMBRO DE LA RED ILUMNO
Versión formato: 2014-07-18	Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano	

Variables de decisión

$$X_{jt} = \begin{cases} 1 & \text{si una planta está operando en el sitio } j \text{ en el período } t; \\ 0 & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

$$Y_{it} = \begin{cases} 1 & \text{si el nodo } i \text{ está cubierto en el período } t; \\ 0 & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

La formulación del modelo matemático está dado por:

$$\text{Minimizar } \sum_i h_{it} Y_{it} \quad \forall t = 1, \dots, T \quad (22)$$

$$\text{Sujeto a: } \sum_{j \in N_{it}} X_{jt} \geq Y_{it} \quad \forall i, t, \quad (23)$$

$$\sum_j X_{jt} = P_t \quad \forall t = 1, \dots, T, \quad (24)$$

$$X_{jt} \geq X_{j,t-1} \quad \forall j, t = 2, \dots, T, \quad (25)$$

$$X_{jt} \in [0, 1] \quad \forall j, t = 1, \dots, T, \quad (26)$$

$$Y_{it} \in [0, 1] \quad \forall i, t = 1, \dots, T, \quad (27)$$

Este modelo combina T problemas de recubrimiento máximo, una para cada período en el horizonte de tiempo. El objetivo de la función (22) es en realidad un vector de T objetivos períodos individuales, en general, tienen un único óptimo. El modelo asume en la ecuación (25) que una vez que una instalación se abre permanece abierta para todos los períodos futuros. El autor analiza los enfoques multi-objetivo para generar un conjunto de soluciones “eficientes” para elegir entre las decisiones.

3.1.1.5. Modelos de planificación de escenarios

Entradas

k = índices de escenarios posibles

h_{ik} = Demanda al nodo i bajo el escenario k

d_{ijk} = distancia del nodo i al sitio de instalación j en el escenario k

V^k = valor de la solución-P medio óptimo para el escenario k

Variables de decisión

$$X_j = \begin{cases} 1 & \text{si nos ubicamos en el lugar de instalación potencial } j; \\ 0 & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

$$Y_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{si el nodo de la demanda } i \text{ se asigna a las instalaciones } j \text{ en el escenario } k; \\ 0 & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

$$\text{Minimizar } \sum_k q_k R_k \quad (28)$$

Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS	 INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO	MIEMBRO DE LA RED ILUMNO
Versión formato: 2014-07-18	Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano	

$$\text{Sujeto a: } \sum_j X_j = P, \quad (29)$$

$$\sum_j Y_{ijk} = 1 \quad \forall i, k, \quad (30)$$

$$Y_{ijk} - X_j \leq 0 \quad \forall i, j, k, \quad (31)$$

$$R_k - \left(\sum_i \sum_j h_{ik} d_{ijk} Y_{ijk} - V_k \right) = 0 \quad \forall k, \quad (32)$$

$$X_j \in [0,1] \quad \forall j, \quad (33)$$

$$Y_{ijk} \in [0,1] \quad \forall i, j, k \quad (34)$$

La función objetivo (28) minimiza el valor esperado, con regresión de restricción definida (32). Las restantes limitaciones están planteando el escenario equivalente a las restricciones-P mediana. Se debe tener en cuenta que los lugares son comunes a todos los escenarios y debe ser determinado antes de conocer qué escenario se realiza. En esencia, son el resultado de la optimización de las asignaciones de la condición de los sitios elegidos, pero después de que sabemos cuál es el escenario. Esta formulación requiere la toma de decisiones para introducir valores de probabilidad q_k para cada escenario, valor que normalmente debe ser estimado.

3.1.1.6. Modelo CFLP problema de localización de instalación capacitado

Los autores Irina Harris, Christine L. Mumford, Mohamed M. NaimEl (4) trabajan el modelo CFLP problema de localización de instalación capacitado se divide en dos sub-problemas: determinar que los depósitos para abrir, y asignar los clientes a las instalaciones abiertas sin violar el número de casos o el número de las limitaciones de capacidad de los clientes.

La siguiente notación se usa en la formulación del modelo:

Formulación del problema:

$V_{DC} = \{1..i\}$	Conjunto de depósitos potenciales
$V_C = \{1..i\}$	Conjunto de clientes
C_{ij}	Costo de asistir a la demanda del cliente j para depósito que consiste en los costos de transporte y de depósito i
f_i	Costo fijo para operar un depósito i
d_j	La demanda del cliente j

Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS	 INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO	MIEMBRO DE LA RED ILUMNO
Versión formato: 2014-07-18	Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano	

q_i	De capacidad (casos) de las instalaciones i, I E V CC
n_i	Capacidad (número de clientes) de instalación I, es decir VCC
$e_{-t_{ij}}$	Las emisiones de CO2 del transporte entre i depósito y el cliente j para satisfacer la demanda del cliente dj
e_{-g_i}	Las emisiones de CO2 derivadas del consumo de gas para cada depósito i, es decir VCC
e_{-e_i}	Las emisiones de CO2 derivadas del consumo de electricidad para cada i depot, ¿yo? VDC

La decisión variables son:

x_{ij}	Es igual a 1 si el cliente j se asigna a las instalaciones i, y 0 en caso contrario
y_i	Es igual a 1 si se elige depósito para operar y 0 en caso contrario

Minimizando costos:

Tiene como objetivo encontrar el mejor número de depósitos abiertos con los clientes asignados asociados que minimizando los costos. Se compone de los costos variables de conexión transporte y depósitos) de dar servicio a la demanda de todos los clientes más el costo fijo de funcionamiento de los depósitos abiertos. La CIJ costo total de conexión del depósito de i a j cliente como un total de (tcij + dcij), donde tcij es el costo total del transporte y dcij es el costo asociado depósito para abastecer la demanda de los clientes de j depósito i.

$$\text{Minimizar} \left[\sum_{i \in Vdc} \sum_{j \in Vc} c_{ij} x_{ij} + \sum_{i \in Vdc} f_i y_i \right] \quad (1)$$

Reducir al mínimo las emisiones de CO2 procedentes del transporte y depósitos

$$\text{Minimizar} \left[\sum_{i \in Vdc} \sum_{j \in Vc} e_{-t_{ij}} x_{ij} + \sum_{i \in Vdc} (e_{-g_i} + e_{-e_i}) y_i \right] \quad (2)$$

Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS		MIEMBRO DE LA RED ILUMNO
Versión formato: 2014-07-18	Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano	

Ambos (1) y (2) están sujetos a las limitaciones siguientes:

$$\sum_{i \in V_{dc}} x_{ij} \equiv 1, j \in V_c \quad (3)$$

$$\sum_{j \in V_c} d_j x_{ij} \leq q_i y_i, \forall_i \in V_{dc} \quad (4)$$

$$\sum_{j \in V_c} x_{ij} \leq n_i y_i, \forall_i \in V_{dc} \quad (5)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, i \in V_{dc}, j \in V_c \quad (6)$$

$$y_i \in \{0,1\}, i \in V_{dc} \quad (7)$$

El objetivo que tiene como objetivo encontrar el mejor número de instalaciones abiertas que minimiza las emisiones totales de CO2 procedentes del transporte y el consumo de energía para instalaciones de funcionamiento. El primer término representa las emisiones del transporte para asistir a la la demanda de los clientes por los depósitos abiertos, y el segundo término representa el total de emisiones de la electricidad y el uso de gas de operar depósitos abiertos.

Restricciones (3) y (6) asegurarse de que cada cliente es atendido por un solo depósito y la demanda se satisface con esa facilidad. (4) y (5) garantizar que las limitaciones de la capacidad para la demanda (los casos) y el número de clientes para los depósitos no sean violados. Por último, (6) y (7) definen las variables de decisión como binario.

Como se puede observar en la formulación del problema da como resultado una problema no lineal que puede ser resuelto usando una delas técnicas de relajación, como relajación Lagrangiana o método del punto interior.

3.1.2. Programación estocástica

Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS	 INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO	MIEMBRO DE LA RED ILUMNO
Versión formato: 2014-07-18	Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano	

Los autores Peiman Dabidian, J. Fabian Meir, Ina Goedicke y Uwe Clausen¹ combinaron la optimización de un modelo simplificado con una simulación basada en eventos.

$$\text{Min} \sum_{l \in H} \sum_{q \in Ql} k_{lq} z_{lq} + \sum_{\substack{i \neq j \\ i, j \in N}} t_{ij} v_{ij} \quad (1)$$

$$\sum_{l \in H} x_{cl} + \sum_{\substack{l \neq m \\ l, m \in H}} x_{clm} = 1 \quad c \in C \quad (2)$$

$$x_{cl} + \sum_{\substack{m \neq l \\ m \in H}} x_{clm} + x_{clm} \leq \sum_{q \in Ql} z_{lq} \quad l \in H, c \in C \quad (3)$$

$$\sum_{c \in C} C^u (x_{cl} + \sum_{m \in H} x_{clm}) \leq \sum_{q \in Ql} \mathfrak{F}_{lq} z_{lq} \quad l \in H \quad (4)$$

$$\sum_{q \in Ql} z_{lq} \leq 1 \quad l \in H \quad (5)$$

$$\sum_{c \in C}^{c^{so}=i} C^u (x_{cl} + \sum_{m \in H} x_{clm}) \leq r_{il} \cdot v_{il} \quad i \in S, l \in H \quad (6)$$

$$\sum_{c \in C} C^u x_{clm} \leq r_{lm} \cdot v_{lm} \quad l \neq m \in H \quad (7)$$

$$\sum_{c \in C}^{c^{si}=j} C^u (x_{cm} + \sum_{l \in H} x_{clm}) \leq r_{mj} \cdot v_{mj} \quad m \in H, j \in S \quad (8)$$

La ecuación (1) es la suma del costo y los costos por vehículo hub. La ecuación (2) se asegura de que cada envío se enruta, (3) establece que los nodos intermedios tienen que ser hubs, (4) deriva el nivel de capacidad del centro de distribución y (5) restringe el número de niveles por centro a al menos uno. En (6), (7), (8) calculan el volumen total de transporte en el arco i, j y calculan el número de vehículos necesarios para el volumen.

Los autores asumen que el volumen de despachos se distribuye normalmente y los costos de capacidad tienen que ser equilibrados con los costos futuros de superación de la capacidad, estos costos futuros son difíciles de incluir.

Clasificaron tres tipos de modelo de datos: En primer lugar, los datos técnicos la descripción de la topología y la estructura del sistema (por ejemplo,

¹ Combining Discrete Optimization and Simulation to Understand Stochastic Hub Location Problems

<p align="center">Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS</p>		<p align="center">MIEMBRO DE LA RED ILUMNO</p>
<p align="center">Versión formato: 2014-07-18</p>	<p align="center">Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano</p>	

número de centros de conexiones en la red, las conexiones entre cubos, las capacidades y los tiempos de envío), entonces organizaron los datos que describen la estructura del proceso y otros aspectos (por ejemplo, reglas de enrutamiento y restricciones de manejo de operaciones) y los datos de carga del sistema que describe el peso de los envíos y los centros que se utilizará entre origen y el destino de cada envío. Se considera un número grande de períodos (por ejemplo, 52 semanas). En cada período, nuevos envíos se crean usando las distribuciones normales; luego se enrutan a través de la red. Esto lleva a diferentes volúmenes de transporte y transbordo en cada período. El manejo de diferentes volúmenes de transporte es bastante fácil, ya que toman el número adecuado de vehículos en cada período por separado. Los volúmenes de transbordo son más complejos: Si se excede la capacidad hub elegido, los envíos restantes se pasan al siguiente período.

Debido a un gran número de periodos de simulación podemos obtener una buena aproximación de los costes totales medios, que forman una versión mucho más precisa de la función objetivo del problema de localización de centro de distribución. De esta manera podemos decidir cuál de nuestros modelos ofrece la mejor cuenta del comportamiento estocástico y elegir un esquema de modelación estocástica adecuada.

Los autores demostraron que es posible resolver un problema estocástico de ubicación en tiempo razonable con metaheurísticas adecuadas y ver que la integración es estocástica cerca de los resultados de la simulación si se elige el escenario y nivel de seguridad correctamente.

3.1.2.1. Modelo de programación lineal entera mixta estocástico (SMILP)

Los autores Hamid Ashfari, Masoud Sharifi*, Tarek Y. ElMekkawy, Qingjin Peng. proponen un modelo de programación lineal entera mixta estocástico (SMILP) para optimizar la ubicación y el tamaño de las instalaciones y centros de servicio en adelante integrada y revertir las corrientes en condiciones de incertidumbre. El objetivo del modelo es minimizar establecimiento, los costos de transporte y de gestión de inventario y maximizar simultáneamente la satisfacción del cliente con la perspectiva sostenible. El modelo incorpora diferentes elementos y características de las redes de distribución, incluyendo la gestión de inventario, transporte y establecimiento de nuevas instalaciones, así como los centros existentes.

Modelo de Descripción

La red logística integrada en cuenta en este trabajo es se muestra en la Fig.1. Es una red multi-capa que incluye el centro instalaciones de fabricación / distribución,

<p align="center">Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS</p>		<p align="center">MIEMBRO DE LA RED ILUMNO</p>
<p align="center">Versión formato: 2014-07-18</p>	<p align="center">Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano</p>	

almacenes regionales, los clientes, los sitios de la colección / de inspección, y el centro plantas de remanufactura. El objetivo principal del modelo es determinar la capacidad óptima y el nivel de inventario de cada instalaciones.

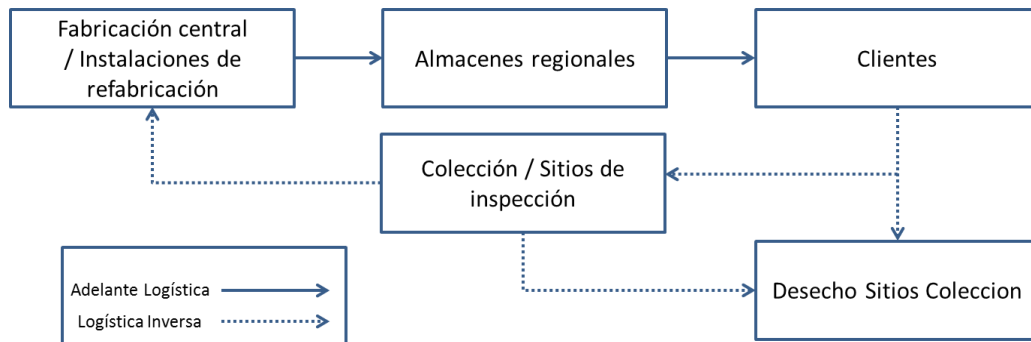


Fig. 1. Flujo de materiales para el modelo propuesto en la oferta de circuito cerrado

En este estudio, un estocástico genético multiobjetivo algoritmo (SMOGA) se propone para la nueva ubicación de la instalación problema de las decisiones en la cadena de suministro de ciclo cerrado bajo la incertidumbre. La novedad del trabajo es que integrada corrientes hacia adelante y reversa están diseñados para simultáneamente minimizar el costo total de cadena de suministro y maximizar cliente satisfacción.

El costo total incluye los costos de transporte, costo de instalación del / la inspección regional, central y colección instalaciones, el inventario y el costo del pedido pendiente. A fin de aumentar el dinamismo y la responsabilidad de la cadena de suministro, el modelo toma las fluctuaciones estacionales en consideración para múltiples productos.

El enfoque de solución se aplica la suma ponderada método para manejar la compleja optimización multiobjetivo problema.

3.2. Heurísticos

3.2.1. Heurísticas

Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS	 INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO	MIEMBRO DE LA RED ILUMNO
Versión formato: 2014-07-18	Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano	

En el artículo de H. Karimi, M. Bashiri², el problema de localización concentrador (hub) tiene muchas aplicaciones, incluyendo los sistemas de suministro de carga aérea, sistemas, diseño de redes de telecomunicaciones y así sucesivamente. Cada área tiene sus propias características en centro de localización. En este trabajo, se estudia el problema de cobertura con diferentes tipos de cobertura sobre redes hub completos. En primer lugar, se propone una formulación cuadrática para la sola asignación conjunto hub cubriendo problema. El objetivo de estos modelos es de encontrar la ubicación de los centros y asignar los nodos no-hub a los nodos ubicados hub sujetos al tiempo de viaje (costo o distancia) entre dos nodos de origen-destino. Las formulaciones con esta restricción de cobertura no se han observado en la literatura. Se proponen dos procedimientos heurísticos para manejar estos modelos en una solución de calidad aceptable y el tiempo de cálculo.

$$\min \sum_{k=1}^N F_k X_{kk} \quad (1)$$

$$\sum_{k=1}^N X_{ik} = 1 \quad i = 1, \dots, N \quad (2)$$

$$X_{ik} \leq X_{kk} \quad i, k = 1, \dots, N \quad (3)$$

$$t_{ik} X_{ik} \leq \theta \quad i, k = 1, \dots, N \quad (4)$$

$$\propto t_{km} X_{kk} X_{mm} \leq \theta \quad k, m = 1, \dots, N \quad (5)$$

$$X_{ik} \in [0, 1] \quad i, k = 1, \dots, N \quad (6)$$

$$\propto t_{km} (X_{kk} + X_{mm} - 1) \leq \theta \quad k, m = 1, \dots, N \quad (7)$$

$$\sum_{k=1}^N X_{ik} \geq 1 \quad i = 1, \dots, N \quad (8)$$

$$\max \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} Y_{ij} \quad (9)$$

$$\sum_{k=1}^N X_{kk} = p \quad (10)$$

$$\sum_{k=1}^N X_{ik} = Z_i \quad \forall i \quad (11)$$

$$Z_i + Z_j \leq 2Y_{ij} \quad \forall i, j \quad (12)$$

$$Z_i \in [0, 1] \quad i = 1, \dots, N \quad (13)$$

$$Y_{ij} \in [0, 1] \quad i, j = 1, \dots, N \quad (14)$$

² Hub covering location problems with different coverage types

<p align="center">Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS</p>		<p align="center">MIEMBRO DE LA RED ILUMNO</p>
<p align="center">Versión formato: 2014-07-18</p>	<p align="center">Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano</p>	

$$\sum_{k=1}^N X_{ik} \geq Z_i \quad \forall i \quad (15)$$

En este modelo consideran cobertura entre dos nodos origen-destino. Por lo tanto, cuando es importante para la localización de un concentrador agrupar este tipo de cobertura, podemos utilizar estos modelos que tienen diferentes estrategias. Un estudio computacional basado en uno de los casos más grandes del mundo real generados por el conjunto de datos de Turquía se lleva en el documento para probar el rendimiento computacional de estos modelos. Todos los estudios computacionales indican que la linealización de las formulaciones está realizando significativamente así, debido a que sus tiempos de CPU son mucho más cortos. Se presenta un nuevo conjunto de datos del mundo real en lugar hub problema correspondió a ubicación de los aeropuertos hub iraní.

3.2.2. Simulación

3.2.2.1. Algoritmo genético (GA)

Los autores S. Lima, V.H. Ho, S.Y. Lee, D.G. Yoo, J.H. Kim (5) en este artículo trabajan sobre Algoritmo genético (GA), Es un algoritmo de búsqueda basado en la mecánica de la selección natural, derivado de la teoría de la evolución natural. GA simula el mecanismo de la genética de poblaciones y las reglas naturales de la supervivencia en búsqueda de las ideas de la adaptación. Una metodología eficiente y el modelo de los programas informáticos se desarrollan para optimizar un plan de sistema de detención regional.

El proceso detallado de la optimización se explica en la siguiente:

- (1) la ubicación y capacidad depósitos iniciales se fijan y se introducen en SWMM.
- (2) Establecer el grupo de padres (conjuntos de genes iniciales)
- (3) Realizar el cálculo hidrológico e hidráulico para la evaluación de la aptitud por que denota cada hidrológico gen y el cálculo hidráulico para evaluación de la aptitud
- (4) Seleccione soluciones de N en función de la condición física mediante el método de ruleta y asignar el ranking
- (5) Haga funcionar el cruce y la mutación de soluciones N para generar los niños del grupo (conjuntos de genes Nueva)
- (6) Iterar los pasos 3 a 5 hasta que el criterio de parada está satisfecho. Si está satisfecho, obtener las soluciones Pareto-óptimas

El modelo propuesto tiene dos funciones objetivo que reduzcan al mínimo el desbordamiento total y el costo.

<p align="center">Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS</p>		<p align="center">MIEMBRO DE LA RED ILUMNO</p>
<p align="center">Versión formato: 2014-07-18</p>	<p align="center">Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano</p>	

$$\text{Minimizar} \sum_{i=1}^n V_{\text{overflow},i}$$

Cuando, $V_{\text{overflow},i}$: volumen de desbordamiento en el nodo i , n : número total de nodos.

$$\text{Minimizar} \sum_{j=1}^m C_j$$

Cuando, C_j : costo del centro de detención de acuerdo a la capacidad, m : número total de centros de detención aplicadas

Sujeto a $V_{\min} \leq V \leq V_{\max}$

$$N_{\text{Localizacion}} \leq 5$$

Hay dos limitaciones. Las capacidades de gama centro de detención de 500m³ a 5000m³. El número de ubicación de selección está por debajo de 5. □

El modelo SWMM es un modelo matemático integral para simular la cantidad de escorrentía urbana de tormenta y sistemas de alcantarillado combinados. Se trata de un modelo de escorrentía urbana desarrollado por un consorcio de ingenieros americanos para los EE.UU. Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA). Escorrentía y extern bloques del SWMM se utilizan para ejecutar rainfallrunoff análisis. El bloque de la escorrentía calcula alta escorrentía en los sistemas de drenaje, y el bloque extern analiza flujo de la descarga a través del conducto.

El centro de detención se clasifica en el depósito en línea y el depósito fuera de línea. On-line depósito tiene la proceso de pasar aguas abajo después del flujo de escorrentía en el depósito.

3.2.3. Metaheurísticas

<p align="center">Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS</p>		<p align="center">MIEMBRO DE LA RED ILUMNO</p>
<p align="center">Versión formato: 2014-07-18</p>	<p align="center">Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano</p>	

Los autores M.H. Fazel Zarandi, S. Davari, S.A. Haddad Sisakht³ indican que se han propuesto muchos enfoques para resolver diversas versiones de MCLP (máxima cobertura de un problema de localización). Estos incluyen métodos exactos, heurísticos y metaheurísticos.

Obviamente, la solución de grandes casos de MCLP es engorrosa, usando métodos exactos. Por lo tanto, heurísticas y metaheurísticas se han empleado para resolver los MCLP de mayor tamaño. Ellos resuelven problemas con hasta 2500 nodos, sus experimentos muestran que un algoritmo genético es capaz de resolver problemas de gran escala con errores insignificantes en una buena cantidad de tiempo.

GA (genetic algorithm) es un procedimiento de optimización bio-inspirado que fue propuesto por Holland. Desde mediados de los años 70 hasta la fecha, varios tipos de GA se han empleado en problemas tales como problemas de enrutamiento de vehículos, ubicación de las instalaciones, selección de cartera, la programación y la asignación cuadrática de problemas. El principal objetivo de GA es mejorar generaciones poco a poco mediante la aplicación de mecanismos de reproducción, tales como cruce y mutación.

Una característica especial de MCLP básica es que cualquier solución generada es factible, esta característica especial es una gran ventaja que facilita la búsqueda de soluciones considerablemente. Se ajustaron los parámetros en primer lugar cada problema se resolvió diez veces, usando la propuesta GA. Entonces, la peor, la media y las mejores soluciones fueron considerados para seleccionar la combinación óptima de parámetros.

- i,I El índice y el conjunto de nodos de demanda
- j,J El índice y el conjunto de los sitios de las instalaciones elegibles
- ai La población o de la demanda en el nodo i
- dij La distancia más corta (o tiempo) desde i nodo de demanda para instalación en el nodo j, S La distancia (o tiempo) estándar dentro del cual se espera que la cobertura, $N_i = \{j \mid dij \leq S\}$ = los nodos j que están entre una distancia de S al nodo i.
- P El número de instalaciones que se establezca
- xj Una variable binaria que es igual a uno cuando una instalación es situada en el nodo j-ésimo y cero en caso contrario, y_i Una variable binaria que es igual a uno si el nodo i es cubierta por una o más instalaciones estacionados dentro S y cero en caso contrario.

³ The large scale maximal covering location problem

<p align="center">Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS</p>		<p align="center">MIEMBRO DE LA RED ILUMNO</p>
<p align="center">Versión formato: 2014-07-18</p>	<p align="center">Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano</p>	

$$\text{Maximizar } z = \sum_{i \in I} a_i y_i \quad (1)$$

$$\text{sujeto a: } y_i \leq \sum_{j \in N_i} x_j, \quad i \in I \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} x_j = p, \quad (3)$$

$$0 \leq y_i \leq 1 \quad i \in I, \quad (4)$$

$$x_j \in [0,1] \quad j \in J \quad (5)$$

En este trabajo, la gran escala MCLP se ha considerado, y un AG se ha propuesto para resolverlo. Hemos demostrado que mientras nuestro enfoque propuesto es superior al método exacto, en términos de tiempo de ejecución, hay errores insignificantes en comparación con la solución óptima. Aunque GA muestra un gran rendimiento en la resolución MCLP, un posible estudio futuro podría ser comparaciones, utilizando diversas heurísticas / metaheurísticas sobre este problema. Otra vía para futuras investigaciones es evaluar el desempeño de GA para otras variantes que cubren problemas de localización, tales como el conjunto que cubre problema, o teniendo en cuenta algunos parámetros del problema como variables difusas. Además el MCLP podría enriquecerse, añadiendo algunos otros supuestos como el recubrimiento gradual. Los autores de este trabajo están trabajando actualmente el ajuste de la metaheurística propuesta para resolver el problema de localización.

3.3. Otras técnicas

Se pueden considerar aquellos métodos cuantitativos o cualitativos que permitan tomar decisiones para ubicar una o un grupo de localizaciones y están hechos a medida, de acuerdo a las consideraciones particulares de la situación y de las necesidades del tomador de decisiones.

Por ejemplo, en el artículo de los autores Gülden Turhan, Mehmet Akalin, Cemal Zehir⁴ presenta los resultados de una revisión de la literatura para la comprensión de los criterios de selección de ubicación de la tienda en el contexto minorista. La revisión proporciona una visión general en estudios previos que hacen hincapié específicamente en los factores que influyen en el rendimiento de la tienda. Rendimiento de tienda se ha evaluado mediante el uso de diversas medidas, tales como las ventas en tiendas, cuota de mercado, patrocinio menor, tráfico en las tiendas, ganancias y así sucesivamente en diferentes estudios.

⁴ Literature Review on Selection Criteria of Store Location Based on Performance Measures

<p align="center">Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS</p>		<p align="center">MIEMBRO DE LA RED ILUMNO</p>
<p>Versión formato: 2014-07-18</p>	<p align="center">Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano</p>	

Hay varios parámetros utilizados en el análisis de ubicación. Con base en la revisión de la literatura, los criterios para la elegir una ubicación de la tienda se clasifica en siete categorías (1) medidas de rendimiento (2) estructura de la población (3) factores económicos (4) la competencia (5) nivel de saturación (6) imán y (7) las características del almacén.

Todos ellos deben ser considerados para proporcionar una información útil en la elección de una buena ubicación entre varias alternativas, pero no pueden ser igualmente importantes en todas las decisiones de localización. Mediante el estudio de estos factores, los minoristas ven cuál deseable es un área de su éxito.

La conveniencia de los puntos de venta está sujeta a cambios día a día. Un lugar que se considera conveniente y rentable inicialmente puede llegar a ser indeseable y poco rentable debido a la invasión futura de competidores.

En el artículo de Esther Segura, Rafael Bernardo Carmona-Benitez y Angélica Lozano⁵ realizan una revisión de la literatura indicando que un problema relacionado con diseño de redes de distribución (DND) implica varias decisiones a optimizar, como la ubicación, la distribución, inventario, y el enrutamiento. En ese trabajo se centraron sólo en la decisión de localización, proponiendo y ejemplificando la siguiente hipótesis: la ubicación de los Centros de Distribución (CD) cambia si la demanda del producto en cada nodo de la demanda tiene una variabilidad muy alta e inesperada a través de tiempo y costos de inversión para la ubicación de los países en desarrollo de baja infraestructura móvil.

Los problemas de ubicación surgen de la necesidad de encontrar el lugar más adecuado para ubicar instalaciones como los CD, plantas, vertederos, estaciones de bomberos y de policía, ambulancia, aeropuertos, etc. fabricación n general, el problema puede ser indicado como (Daskin, 1995): dada la ubicación de cada nodo de la demanda, demandas, costos de transporte, los tiempos, y distancias, para determinar el número de servicios, la ubicación geográfica, y la capacidad de almacenamiento de los CD de manera que los costos de transporte y los costos de operación se han optimizado.

Los problemas de ubicación se han estudiado desde principios de los 70. Los problemas de localización básicos se citan en Current et al. (2.002). Daskin (1995) clasifica los problemas de localización como: modelos continuos, modelos de red y modelos discretos. En los modelos de localización discretos, puede o no ser una métrica de distancia subyacente. Distancias o costos entre cualquier par de nodos pueden ser arbitrarias, aunque generalmente lo hacen seguir alguna regla (por

⁵ Dynamic location of distribution centres, a real case study

Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS	 INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO	MIEMBRO DE LA RED ILUMNO
Versión formato: 2014-07-18	Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano	

ejemplo, euclidiano, Manhattan, red o grandes distancias sobre el arco). Las demandas surgen generalmente en los nodos y las instalaciones están restringidas a un conjunto finito de lugares candidatos. Los modelos basados en la minimización de la distancia media ponderada de la demanda entre los nodos de la demanda y de las instalaciones a las que están asignados (Daskin, 2008). Se utilizan normalmente tales modelos en contextos de planificación de distribución, la minimización de los costos totales de transporte es esencial.

Entradas

h = demanda al nodo i

d = costos operacionales entre la demanda del nodo i y la ciudad candidata j

p = número de localizaciones

Variables de decisión

$X = \begin{cases} 1 & \text{Si un CD es localizado} \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$

$Y = \begin{cases} 1 & \text{Si la demanda al nodo } i \text{ es servida por el CD } j \\ \text{si no} \end{cases}$

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n h_i d_{ij} Y_{ij} + f_j x_j \quad (1)$$

$$\sum_j Y_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_j X_j = p \quad (3)$$

$$Y_{ij} - X_j \leq 0 \quad \forall i, j \quad (4)$$

$$X_j = 0,1 \quad \forall j \quad (5)$$

$$Y_{ij} = 0,1 \quad \forall i, j \quad (6)$$

La función objetivo (1) minimiza los costes totales de la demanda ponderada entre cada nodo de la demanda y la instalación más cercano y el costo f_j ubicación.

<p align="center">Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS</p>		<p align="center">MIEMBRO DE LA RED ILUMNO</p>
<p align="center">Versión formato: 2014-07-18</p>	<p align="center">Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano</p>	

Restricción (2) requiere que cada nodo de la demanda i que se asignará exactamente una instalación j . Restricción (3) establece que exactamente instalaciones p se ubicarán. Restricciones (4) vinculan las variables de localización (X_j) y las variables de asignación (ij). Afirman que las demandas en el nodo i sólo se pueden asignar a una instalación en la localización j ($ij = 1$) si una instalación está ubicada en el nodo j ($X_j = 1$). Restricciones (5) y (6) son las condiciones de integralidad estándar

La hipótesis planteada: la ubicación de los DC cambia si la demanda del producto en cada nodo de la demanda tiene inesperado extremadamente alta variabilidad a través de tiempo y costos de inversión para la ubicación de DC son bajos (móvil infraestructura) se ejemplifica para un estudio de caso real. Los resultados son diferentes a otros estudios reportados en la literatura, donde la demanda y el costo de inversión tienen otro comportamiento.

En los problemas donde la demanda tiene cambios extremos en el tiempo y los costos de inversión para localizar los DC son bajos, los países en desarrollo ubicación no es para largo plazo o una decisión estratégica. Ejemplos de este tipo de problemas son para atención a desastres naturales (inundaciones, terremotos, etc.), epidemias, eventos sociales o políticos (elecciones, manifestaciones, etc.).

Una vasta literatura indica que la ubicación de los países en desarrollo es una decisión estratégica o de largo plazo debido a la inversión requerido, ya sea para la ubicación o reubicación. Coste de la inversión suele ser muy grande, y las instalaciones se espera que siendo operable para el largo plazo (Owen y Daskin, 1998). Por lo tanto, el problema de localización implica largo horizonte de planificación. Por lo general, los tomadores de decisiones no sólo deben seleccionar los lugares robustos que servirán efectivamente en la evolución de la demanda en el tiempo, sino que también debe considerar el momento de las expansiones de las instalaciones y las deslocalizaciones en el largo plazo. En este estudio de caso, la ubicación de los países en desarrollo no es una decisión estratégica, sino una decisión táctica, por lo tanto, los tomadores de decisiones deben considerar el cambio de ubicación de los países en desarrollo a través del tiempo.

4. Bibliografía

<p align="center">Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS</p>		<p align="center">MIEMBRO DE LA RED ILUMNO</p>
<p align="center">Versión formato: 2014-07-18</p>	<p align="center">Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano</p>	

- [1] C.H. Aikens, Facility location models for distribution planning, European Journal of Operational Research 22 (1985) 263±279.
- [2] R. Amara, A.J. Lipinski, Business Planning for an Uncertain Future, Pergamon Press, Oxford, 1983.
- [3] I. Averbakh, On the complexity of a class of robust location problems, Working Paper, Western Washington University, 1997.
- [4] I. Averbakh, O. Berman, Algorithms for the robust 1-center problem, Working Paper, 1997.
- [5] I. Averbakh, O. Berman, Minimax regret robust median location on a network under uncertainty, Working Paper, 1997.
- [6] I. Averbakh, O. Berman, Minimax regret P-center location on a network with demand uncertainty, Working Paper, 1997.
- [7] R.H. Ballou, Dynamic warehouse location analysis, Journal of Marketing Research 5 (1968) 271±276.
- [8] R. Batta, The stochastic queue median over a finite discrete set, Operations Research 37 (4) (1989) 648±652.
- [9] R. Batta, J.M. Dolan, N.N. Krishnamurthy, The maximal expected covering location problem: Revisited, Transportation Science 23 (4) (1989) 277±287.
- [10] R. Batta, N.R. Mannur, Covering-location models for emergency situations that require multiple response units, Management Science 36 (1) (1990) 16±23.
- [11] J.C. Bean, J.L. Hige, R.L. Smith, Capacity expansion under stochastic demands, Operations Research 40 (1992) S210±S216.
- [12] S. Belardo, J. Harrald, W.A. Wallace, J. Ward, A partial covering approach to siting response resources for major maritime oil spills, Management Science 30 (10) (1984) 1184±1196.
- [13] J.M. Benedict, Three hierarchical objective models which incorporate the concept of excess coverage to locate EMS vehicles or hospitals, Master's Thesis, Northwestern University, Evanston, IL, 1983.
- [14] O. Berman, Locating a facility on a congested network with random lengths, NETWORKS 15 (1985) 275±293.
- [15] O. Berman, R.C. Larson, S.S. Chiu, Optimal server location on a network operating as an M/G/1 queue, Operations Research 33 (1985) 746±771.
- [16] O. Berman, R.C. Larson, C. Parkan, The stochastic queue P-median problem, Transportation Science 21 (3) (1987) 207±216.
- [17] O. Berman, LeBlanc Location-relocation of mobile facilities on a stochastic network, Transportation Science 18 (4) (1984) 315±330.
- [18] O. Berman, A.R. Odoni, Locating mobile facilities on a network with Markovian properties, Networks 12 (1982) 73±86.

<p align="center">Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS</p>		<p align="center">MIEMBRO DE LA RED ILUMNO</p>
<p align="center">Versión formato: 2014-07-18</p>	<p align="center">Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano</p>	

- [19] M.L. Brandeau, S.S. Chiu, An overview of representative problems in location research, *Management Science* 35 (6) (1989) 645±674.
- [20] M.L. Brandeau, S.S. Chiu, Trajectory analysis of the stochastic queue median in a plane with rectilinear distances, *Transportation Science* 24 (3) (1990) 230±243.
- [21] M.L. Brandeau, S.S. Chiu, A uni@ed family of single-server queueing location models, *Operations Research* 38 (6) (1990) 1034±1044.
- [22] M.L. Brandeau, S.S. Chiu, A center location problem with congestion, *Annals of Operations Research* 40 (1992) 17±32.
- [23] M.L. Brandeau, S.S. Chiu, Facility location in a user-optimizing environment with market externalities: Analysis of customer equilibria and optimal public facility locations, *Location Science* 2 (3) (1994) 129±147.
- [24] M.L. Brandeau, S.S. Chiu, Location of competing facilities in a user optimizing environment with market externalities, *Transportation Science* 28 (1994) 125±140.
- [25] J.F. Campbell, Locating transportation terminals to serve an expanding demand, *Transportation Research* 24B (3) (1990) 173±192.
- [26] R. Carbone, Public facilities under stochastic demand, *INFOR* 12 (3) (1974) 261±270.
- [27] Y.M. Carson, R. Batta, Locating an ambulance on the Amherst campus of the State University of New York at Bu€alo, *INTERFACES* 20 (5) (1990) 43±49.
- [28] R. Church, M.E. Meadows, Location modeling utilizing maximum service distance criteria, *Geographical Analysis* 11 (1979) 358±373.
- [29] R. Church, C. ReVelle, The maximal covering location problem, *Papers of the Regional Science Association* 32 (1974) 101±118.
- [30] R.L. Church, C.S. ReVelle, Theoretical and computational links between the p-median location set-covering and the maximal covering location problem, *Geographical Analysis* 8 (1976) 406±415.
- [31] J. Current, H. Min, D. Schilling, Multiobjective analysis of facility location decisions, *European Journal of Operational Research* 49 (1990) 295±307.
- S.H. Owen, M.S. Daskin / *European Journal of Operational Research* 111 (1998) 423±447 445
- [32] J. Current, S. Ratick, C. ReVelle, Dynamic facility location when the total number of facilities is uncertain: A decision analysis approach, Submitted to *European Journal of Operational Research*.

<p align="center">Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS</p>		<p align="center">MIEMBRO DE LA RED ILUMNO</p>
<p align="center">Versión formato: 2014-07-18</p>	<p align="center">Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano</p>	

- [33] M.S. Daskin, Application of an expected covering model to emergency medical service system design, *Decision Sciences* 13 (3) (1982) 416±439.
- [34] M.S. Daskin, A maximum expected covering location model: Formulation properties and heuristic solution, *Transportation Science* 17 (1) (1983) 48±70.
- [35] M.S. Daskin, Location dispatching and routing models for emergency services with stochastic travel times, in: A. Ghosh, G. Rushton (Eds.), *Spatial Analysis and Location-Allocation Models*, vol. 9, Van Nostrand Reinhold, 1987, pp. 224±265.
- [36] M.S. Daskin, *Network and Discrete Location: Models Algorithms and Applications*, Wiley, New York, 1995.
- [37] M.S. Daskin, A. Haghani, Multiple vehicle routing and dispatching to an emergency scene, *Environment and Planning A* 16 (1984) 1349±1359.
- [38] M.S. Daskin, S.M. Hesse, C.S. ReVelle, a-reliable p-minimax regret: A new model for strategic facility location modeling, To appear in *Location Science*.
- [39] M.S. Daskin, K. Hogan, C. ReVelle, Integration of multiple excess backup and expected covering models, *Environment and Planning B* 15 (1988) 15±35.
- [40] M.S. Daskin, W.J. Hopp, B. Medina, Forecast horizons and dynamic facility location planning, *Annals of Operations Research* 40 (1992) 125±151.
- [41] M.S. Daskin, E.H. Stern, A hierarchical objective set covering model for emergency medical service vehicle deployment, *Transportation Science* 15 (2) (1981) 137±152.
- [42] Z. Drezner, Dynamic facility location: The progressive p-median problem, *Location Science* 3 (1) (1995) 1±7.
- [43] Z. Drezner, G.O. Wesolowsky, Facility location when demand is time dependent, *Naval Research Logistics* 38 (1991) 763±777.
- [44] E. Erkut, S. Neuman, Analytical models for locating undesirable facilities, *European Journal of Operational Research* 40 (1989) 275±291.
- [45] D. Erlenkotter, A comparative study of approaches to dynamic location problems, *European Journal of Operational Research* 6 (1981) 133±143.
- [46] R.L. Francis, L.F. McGinnis, J.A. White, Locational analysis, *European Journal of Operational Research* 12 (1983) 220±252.
- [47] M.R. Garey, D.S. Johnson, *Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness*, Freeman, New York, 1979.

<p align="center">Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS</p>		<p align="center">MIEMBRO DE LA RED ILUMNO</p>
<p align="center">Versión formato: 2014-07-18</p>	<p align="center">Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano</p>	

- [48] N.C. Georgantzis, W. Acar, Scenario-Driven Planning: Learning to Manage Strategic Uncertainty, Quorum Books, 1995.
- [49] A. Ghosh, C.S. Craig, Formulating retail location strategy in a changing environment, *Journal of Marketing* 47 (1983) 56±68.
- [50] A. Ghosh, S.L. McLaerty, Locating stores in uncertain environments: A scenario planning approach, *Journal of Retailing* 58 (4) (1982) 5±22.
- [51] S.R. Gregg, J.M. Mulvey, J. Wolpert, A stochastic planning system for siting and closing public service facilities, *Environment and Planning A* 20 (1988) 83±98.
- [52] G. Gunawardane, Dynamic versions of set covering type public facility location problems, *European Journal of Operational Research* 10 (1982) 190±195.
- [53] S.L. Hakimi, Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph, *Operations Research* 12 (1964) 450±459.
- [54] D.M. Hanink, A portfolio theoretic approach to multiplant location analysis, *Geographical Analysis* 16 (2) (1984) 149±161.
- [55] A.P. Hurter, J.S. Martinich, *Facility Location and the Theory of Production*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1989.
- [56] P. Kouvelis, G. Yu, *Robust Discrete Optimization and Its Applications*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1996.
- [57] J. Krarup, P.M. Pruzan, Selected families of location problems, *Annals of Discrete Mathematics* 5 (1979) 327±387.
- [58] M. Labbe, J.F. Thisse, R.E. Wendell, Sensitivity analysis in minisum facility location problems, *Operations Research* 39 (6) (1991) 961±969.
- [59] R.C. Larson, A hypercube queuing model for facility location and redistricting in urban emergency services, *Computers and Operations Research* 1 (1974) 67±95.
- [60] G. Leonardi, A unifying framework for public facility location problems ± Part 1: A critical overview and some unsolved problems, *Environment and Planning A* 13 (1981) 1001±1028.
- [61] F.V. Louveaux, Discrete stochastic location models, *Annals of Operations Research* 6 (1986) 23±34.
- [62] F.V. Louveaux, Stochastic location analysis, *Location Science* 1 (2) (1993) 127±154.
- [63] A.S. Manne, Capacity expansion and probabilistic growth, *Econometrica* 29 (4) (1961) 632±649.
- [64] F.E. Maranzana, On the location of supply points to minimize transport costs, *Operational Research Quarterly* 15 (1964) 261±270.

<p align="center">Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS</p>		<p align="center">MIEMBRO DE LA RED ILUMNO</p>
<p align="center">Versión formato: 2014-07-18</p>	<p align="center">Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano</p>	

- [65] H. Min, Dynamic expansion and relocation of capacitated public facilities: A multi-objective approach, *Computers and Operations Research* 15 (3) (1988) 243±252.
- [66] P.B. Mirchandani, Locational decisions on stochastic networks, *Geographical Analysis* 12 (2) (1980) 172±183.
- [67] P.B. Mirchandani, A.R. Odoni, Locations of medians on stochastic networks, *Transportation Science* 13 (2) (1979) 85±97.
- 446 S.H. Owen, M.S. Daskin / *European Journal of Operational Research* 111 (1998) 423±447
- [68] F. Mobasheri, L.H. Orren, F.P. Sioshansi, Scenario planning at southern California Edison, *INTERFACES* 19 (5) (1989) 31±44.
- [69] S. Mukundan, M.S. Daskin, Joint location/sizing maximum profit covering models, *INFOR* 29 (2) (1991) 139±152.
- [70] J.M. Mulvey, Generating scenarios for the Towers Perrin investment system, *INTERFACES* 26 (2) (1996) 1±15.
- [71] J.M. Mulvey, R.J. Vanderbei, S.A. Zenios, Robust optimization of large-scale systems, *Operations Research* 43 (2) (1995) 264±281.
- [72] C. ReVelle, The maximum capture or 'sphere of influence' location problem: Hotelling revisited on a network, *Journal of Regional Science* 26 (2) (1986) 343±358.
- [73] C. ReVelle, K. Hogan, The maximum reliability location problem and a reliable p-center problem: Derivatives of the probabilistic location set covering problem, *Annals of Operations Research* 18 (1989) 155±174.
- [74] C. ReVelle, D. Marks, J.C. Liebman, An analysis of private and public sector location models, *Management Science* 16 (11) (1970) 692±707.
- [75] C.S. ReVelle, R.W. Swain, Central facilities location, *Geographical Analysis* 2 (1) (1970) 30±42.
- [76] J.S. Sankaran, N.R.S. Raghavan, Locating and sizing plants for bottling propane in south India, *INTERFACES* 27 (6) (1997) 1±15.
- [77] D.A. Schilling, Dynamic location modeling for public-sector facilities: A multicriteria approach, *Decision Sciences* 11 (1980) 714±724.
- [78] D.A. Schilling, Strategic facility planning: The analysis of options, *Decision Sciences* 13 (1982) 1±14.
- [79] D.A. Schilling, V. Jayaraman, R. Barkhi, A review of covering problems in facility location, *Location Science* 1 (1) (1993) 25±55.
- [80] A.J. Scott, Location-allocation systems: A review, *Geographical Analysis* 2 (1970) 95±119.

<p align="center">Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS</p>		<p align="center">MIEMBRO DE LA RED ILUMNO</p>
<p align="center">Versión formato: 2014-07-18</p>	<p align="center">Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano</p>	

- [81] A.J. Scott, Dynamic location-allocation systems: Some basic planning strategies, *Environment and Planning* 3 (1971) 73±82.
- [82] D. Serra, V. Marianov, The p-median problem in a changing network: The case of Barcelona, Submitted to *Location Science*.
- [83] D. Serra, S. Ratick, C. ReVelle, The maximum capture problem with uncertainty, *Environment and Planning B* 23 (1996) 49±59.
- [84] E.S. Sheppard, A conceptual framework for dynamic location-allocation analysis, *Environment and Planning A* 6 (1974) 547±564.
- [85] D.J. Sweeney, R.L. Tatham, An improved long-run model for multiple warehouse location, *Management Science* 22 (7) (1976) 748±758.
- [86] B.C. Tansel, R.L. Francis, T.J. Lowe, Location on networks: A survey. Part I: The P-center and P-median problems, *Management Science* 29 (4) (1983) 482±497.
- [87] B.C. Tansel, R.L. Francis, T.J. Lowe, Location on networks: A survey. Part II: Exploiting tree network structure, *Management Science* 29 (4) (1983) 498±511.
- [88] C.S. Tapiero, Transportation-location-allocation problems over time, *Journal of Regional Science* 11 (3) (1971) 377±384.
- [89] M.B. Teitz, P. Bart, Heuristic methods for estimating the generalized vertex median of a weighted graph, *Operations Research* 16 (1968) 955±961.
- [90] K. van der Heijden, Probabilistic planning and scenario planning, in: G. Wright, P. Ayton (Eds.), *Subjective Probability*, Ch. 22, Wiley, New York, 1994, pp. 549±572.
- [91] T.J. VanRoy, D. Erlenkotter, A dual-based procedure for dynamic facility location, *Management Science* 28 (10) (1982) 1091±1105.
- [92] J.H. Vanston, W.P. Frisbie, S.C. Lopreato, D.L. Poston, Alternate scenario planning, *Technological Forecasting and Social Change* 10 (1977) 159±180.
- [93] J.R. Weaver, R.L. Church, Computational procedures for location problems on stochastic networks, *Transportation Science* 17 (2) (1983) 168±180.
- [94] A. Weber, *Über den Standort der Industrien* (Alfred Weber's Theory of the Location of Industries), University of Chicago, 1929.
- [95] G.O. Wesolowsky, Dynamic facility location, *Management Science* 19 (11) (1973) 1241±1248.
- [96] G.O. Wesolowsky, W.G. Truscott, The multiperiod location-allocation problem with relocation of facilities, *Management Science* 22 (1) (1976) 57±65.

Anteproyecto FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS	 <p>INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO</p>	MIEMBRO DE LA RED ILUMNO
Versión formato: 2014-07-18	Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano	

[97] J.A. White, K.E. Case, On covering problems and the central facilities location problem, Geographical Analysis 6 (1974) 281±29