Localización de almacenes y distribución de ayuda humanitaria para atención de damnificados en caso de desastre natural

Investigadores responsables: Jorge Vargas Florez, Christian Cornejo, Lucy Aragón y Verónica Serpa

Financiado por: Pontificia Universidad Católica del Perú

INGENIERÍA

En la logística humanitaria, uno de los aspectos críticos es la localización estratégica de los almacenes, así también la efectividad y la velocidad de respuesta de la cadena de suministro cuyos factores determinantes son la cantidad y localización adecuada de dichos almacenes, así como su capacidad.

El presente estudio tiene por objeto determinar en qué distritos de la ciudad de Lima, deberían localizarse los almacenes para distribuir la ayuda humanitaria, luego de que haya ocurrido un terremoto de 8 MM de intensidad. Se considera que los almacenes deberán atender a los damnificados en su totalidad, minimizando el flujo de personas que serían atendidas desde otro distrito. Con un modelo de programación lineal entera mixta se realiza un análisis numérico para obtener el comportamiento de la cantidad óptima de almacenes conforme cambia su capacidad. Finalmente, llevamos a cabo un análisis de la tendencia del beneficio marginal, que se define como el número incremental de personas que recibirían la ayuda humanitaria cuando aumenta la capacidad de almacenamiento.

A continuación se presenta la formulación del Programa Lineal Entero Mixto:

$$\min \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_{ij} w_{ij} \tag{1}$$

$$\sum_{i \in I} X_{ij} \geq D_j \qquad \forall\ j \in J, i \neq k \tag{2}$$

$$\sum_{j \in J} X_{ij} \leq CY_i \qquad \forall\ i \in I, i \neq k \tag{3}$$

$$\sum_{j \in J} X_{ij} \geq Y_i \qquad \forall\ i \in I, i \neq k \tag{4}$$

$$\sum_{i \in I} Y_i \leq A \tag{5}$$

$$X_{ij} \leq M(1 - v_{ij}) \qquad \forall\ i \in I,\ \forall\ j \in J, i \neq k \tag{6}$$

$$-w_{ij} + 1 \leq M v_{ij} \qquad \forall\ i \in I,\ \forall\ j \in J, i \neq k \tag{7}$$

$$X_{ij} \geq w_{ij} \qquad \forall\ i \in I,\ \forall\ j \in J, i \neq k \tag{8}$$

$$X_{ij} \text{ entero} \quad Y_i \in \{0,1\} \quad v_{ij} \in \{0,1\} \quad w_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall\ i \in I \quad \forall\ j \in J \tag{9}$$

La función objetivo (1) minimiza la distancia total recorrida dada por la expresión $d_{ijx}w_{ij}$, en donde la variable binaria w_{ij} agrega a la sumatoria la distancia entre i y j en caso w_{ij} tome el valor uno, en caso contrario, será igual a cero.

Las restricciones enumeradas con (2) indican que la cantidad de personas que podrían atenderse en el distrito j por despachos enviados desde otros almacenes ubicados en los distritos i debe ser por lo menos superior a la cantidad de personas damnificadas en el distrito j. Las restricciones identificadas con (3) refieren que si un almacén se ha ubicado en el distrito i y si además dicha bodega despacha a otros distritos, entonces, necesariamente la cantidad total de kits despachados no deberá exceder la capacidad C del almacén.

El grupo de restricciones (5) acota la cantidad de almacenes a un nivel no mayor que A. Las restricciones (6) y (7) aseguran que si la variable X_{ij} es positiva, lo cual significa que se despachan kits desde el distrito i hacia el distrito j, entonces se debe instalar un almacén en el distrito i , lo que matemáticamente opera así: en (6) si $X_{ij}>0$ y como se cumple que el parámetro M>>0, entonces necesariamente $v_{ij}=0$; luego en (7) para el caso descrito, necesariamente, $w_{ij}=1$; luego en la función objetivo el producto $d_{ijx}w_{ij}$, será igual a d_{ij}. Las restricciones (8) aseguran que si $X_{ij}=0$, entonces $w_{ij}=0$, lo que significa que si no se despacha nada de i a j, entonces no se recorre la distancia entre estos distritos y en la función objetivo el producto $d_{ijx}w_{ij}$ será igual a cero.