

ELABORACIÓN DE UN SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL RUTEO DE VEHÍCULOS EN LA DISTRIBUCIÓN DE PAPAPAN FORTIFICADO DEL PROGRAMA NACIONAL DE ASISTENCIA ALIMENTARIA (PRONAA) BASADO EN UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE GRAFOS Y HEURÍSTICA DE AHORROS

Acuña Morillo Maritza Yanet

Universidad Nacional de Ingeniería
Av. Túpac Amaru 210 Rímac, Lima, Perú
macunam@uni.pe, maritnet@gmail.com

Zumarán Miraval, Mario Rodolfo

Universidad Nacional de Ingeniería
Av. Túpac Amaru 210 Rímac, Lima, Perú
mzumaranm@uni.pe, marozum@gmail.com

Coronado Cumpa, Christopher Simons

Universidad Nacional de Ingeniería
Av. Túpac Amaru 210 Rímac, Lima, Perú
c.coronado.cumpa@gmail.com

RESUMEN

El Programa nacional de asistencia alimentaria, es una unidad ejecutora del Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social cuya finalidad es combatir el hambre en las zonas más pobres del país, uno de sus programas es el de complementar y/o cubrir la alimentación de estudiantes de educación inicial y primaria con desayunos y en algunos casos almuerzos. Estos desayunos son repartidos diariamente en cada centro educativo, partiendo de un almacén, se tiene que llegar a tiempo antes de la hora de recreo que es la hora donde los alumnos consumen sus alimentos, no muchas veces se cumple con ese objetivo. Como trabajo futuro nuestro objetivo es lograr implementar este modelo en las regiones más alejadas y de más bajos recursos económicos del país, a donde también llega el programa PRONAA, pero que no logra cubrir la necesidad por falta de una buena planificación en la distribución.

PALABRAS CLAVE. Ruteo de vehículos, Grafos, Heurística de ahorros.

Área principal (TAG - Teoria e Algoritmos em Grafos, L&T - Logística e Transportes)

ABSTRACT

The National Programme for food assistance is an executive unit of the Ministry of Development and Social Inclusion which aims to combat hunger in the poorest areas of the country, one of its programs is to complement or cover the feeding of primary school students with breakfast and sometimes lunch. These breakfasts are delivered daily in each school, based on a stock. This have to be on time before the break that is the time where students eat their food, not often meet that goal. As future work is to implement this work in more distant regions and lower economic resources of the country where the program PRONAA covers, but fails to meet the need for lack of good planning in distribution.

KEYWORDS. Routing vehicle, Graphs, Heuristic Savings.

Main area (TAG - Teoria e Algoritmos em Grafos, L&T - Logística e Transportes)

1. Introducción

El Programa Nacional de Asistencia Alimentaria –PRONAA, es una Unidad Ejecutora del Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social Peruano cuya finalidad es combatir el hambre en las zonas más pobres del país, así como coadyuvar a la seguridad alimentaria. Ejecuta acciones de asistencia, apoyo y seguridad alimentaria dirigidas, preferentemente, a la atención de grupos vulnerables y en alto riesgo nutricional, en especial a los niños, y a los damnificados por situaciones de emergencias temporales.

Actualmente tiene un sub programa Escolar dentro del programa integral de nutrición, en el cual se reparten desayunos a los alumnos de instituciones educativas de nivel primario. En este caso nos centraremos en la repartición del papapan Fortificado cuya vida útil es de 3 días y se debe entregar en el lugar destino al día siguiente de haber sido producido.

El problema actual que se tiene es que la distribución no se hace de manera adecuada, teniendo demoras en la entrega del papapan. Es decir se entrega tarde o se entrega al día siguiente, perjudicando a los alumnos que no pueden tomar su desayuno y a la vez perdiendo la frescura del pan.

2. Planteamiento del Problema

Dentro de las políticas nacionales sobre alimentación y educación se viene dando licitaciones para el abastecimiento de productos elaborados a partir de materias propias de cada región. Diversas empresas de alimentos y de panificación participan cada año para lograr obtener una licitación y se dedican a la producción de Papapan Fortificado bajo las normativas dadas por el PRONAA.

La distribución la realiza la Empresa en licitación y se realiza de manera directa, es decir desde la planta de procesamiento dentro de la cual tienen un pequeño almacén hacia las instituciones educativas. Con vehículos que dispone la Empresa o en algunos casos la Empresa hace uso de un tercero para cubrir este servicio.

Actualmente en la distribución se tiene el problema de llegar tarde a entregar los productos o no llegar y esperar hasta el día siguiente para entregar los productos, perjudicando a los alumnos que no toman completo su desayuno y no recibiendo su Papapan fresco. Se logra cumplir a tiempo con las instituciones educativas que están más cercanos al almacén y no llegar a cubrir los que están más alejados.

En conclusión el problema es que no se logra cubrir la distribución de Papapan fortificado a todas las instituciones educativas asignadas a la empresa en Licitación, en el tiempo establecido. Esto se debe a:

- Empezar tarde la distribución del papapan a las instituciones educativas.
- Demora entre entregas (Por falta de atención en la recepción de las instituciones educativas).
- Falta de conocimiento de las calles por parte del conductor del vehículo.
- Mala planificación del orden de la distribución y cálculo de tiempos

3. Justificación

Contribuir con el Programa Nacional de Alimentación en apoyar la distribución de

raciones de Papapan Fortificado desde los almacenes o panadería donde se preparan hacia las diversas instituciones educativas. Ayudando a prevenir la malnutrición en niños y niñas menores de 12 años de edad.

Actualmente el proyecto tiene como alcance las instituciones educativas dentro de Lima metropolitana, como trabajo futuro nuestro objetivo es poder llegar a las demás provincias donde el PRONAA también llega.

4. Objetivos

Buscar mejorar la distribución de los paquetes con raciones de Papapan Fortificado en cada Institución educativa.

- Minimizar la distancia recorrida.
- Minimizar el tiempo de espera entre entregas consecutivas de una ruta.
- Cubrir la entrega a todas las instituciones educativas asignadas

La optimización de estas variables implica una reducción significativa en los costos asociados al transporte del Papapan Fortificado.

5. Marco Teórico

VPR - Modelo General

El modelo VRP (Vehicle Routing Problem) es una abstracción de un grupo de problemas que han sido estudiados desde el punto de vista teórico y su relevancia en la práctica. El objetivo de estos modelos es realizar entregas a un conjunto de clientes con demanda conocida al mínimo costo partiendo y terminando en un origen y destino establecido. Es importante mencionar que este tipo de problemas requiere de un esfuerzo computacional considerable para ser resuelto y que el esfuerzo incrementa exponencialmente a medida que incrementa el tamaño del problema (Dorronsoro, Internet). A continuación se presenta la formulación del problema:

El problema de VRP se considera un problema de combinatorias que define su espacio dentro de un gráfico $G(V, E)$ en donde la notación se describe a continuación (Dorronsoro, Internet):

$V = \{v_0, v_1 \dots v_n\}$ Es el conjunto de vértices; y

$A = (v_i, v_j) / v_i, v_j \in V; i \neq j$

Se considera que el almacén se encuentra en v_0 . Además se emplea C como una matriz no-negativa de costos (o distancias asumiendo que son directamente proporcionales) c_{ij} entre los clientes v_i y v_j . Cuando $c_{ij} = c_{ji}$ para todos los $(v_i, v_j) \in A$, el problema es simétrico y se puede reemplazar A por E , siendo

$$E = (v_i, v_j) / v_i, v_j \in V; i < j$$

Además se tiene que:

- d es el vector de demandas
- R_i la ruta para el vehículo i
- m el número de vehículos (asumiendo que son idénticos y que una ruta se asigna a tan solo un vehículo y viceversa)

Adicionalmente, se considera un tiempo o nivel de servicio δ_i (tiempo de descarga del material) que requieren los vehículos para descargar la carga q_i en v_i . Además se debe tomar en cuenta que cada ruta que se realiza no debe sobrepasar un límite D de tiempo en circulación (el cual puede considerarse como una jornada del día) (Lenstra y Kan, 1-6).

Una manera de solucionar este problema se da al establecer cada c_{ij} como tiempos de recorrido; entonces se puede realizar lo siguiente:

Partir a V en R_1, \dots, R_m y determinar una permutación σ_i para determinar el orden de entrega dentro de la ruta R_i . Establecer el costo de una ruta:

$$C(R_i) = \sum_{i=0}^m c_{i,i+1} + \sum_{i=1}^m \delta_i$$

Entonces el objetivo del problema se convierte en:

Minimizar $\sum_{i=1}^m C(R_i)$

Algoritmo de Floyd- Warshall

En informática, el algoritmo de Floyd-Warshall, descrito en 1959 por Bernard Roy, es un algoritmo de análisis sobre grafos para encontrar el camino mínimo en grafos dirigidos ponderados. El algoritmo encuentra el camino entre todos los pares de vértices en una única ejecución. El algoritmo de Floyd-Warshall es un ejemplo de programación dinámica.

El algoritmo de Floyd-Warshall compara todos los posibles caminos a través del grafo entre cada par de vértices. El algoritmo es capaz de hacer esto con sólo V^3 comparaciones (esto es notable considerando que puede haber hasta V^2 aristas en el grafo, y que cada combinación de aristas se prueba). Lo hace mejorando gradualmente una estimación del camino más corto entre dos vértices, hasta que se sabe que la estimación es óptima.

Sea un grafo G con conjunto de vértices V , numerados de 1 a N . Sea además una función caminoMínimo(i,j,k) que devuelve el camino mínimo de i a j usando únicamente los vértices de 1 a k como puntos intermedios en el camino. Ahora, dada esta función, nuestro objetivo es encontrar el camino mínimo desde cada i a cada j usando únicamente los vértices de 1 hasta $k+1$.

Hay dos candidatos para este camino: un camino mínimo, que utiliza únicamente los vértices del conjunto $(1\dots k)$; o bien existe un camino que va desde i hasta $k + 1$, después de $k + 1$ hasta j que es mejor. Sabemos que el camino óptimo de i a j que únicamente utiliza los vértices de 1 hasta k está definido por caminoMínimo(i,j,k), y está claro que si hubiera un camino mejor de i a $k + 1$ a j , la longitud de este camino sería la concatenación del camino mínimo de i a $k + 1$ (utilizando vértices de $(1\dots k)$) y el camino mínimo de $k + 1$ a j (que también utiliza los vértices en $(1\dots k)$).

Algoritmo de Ahorros – Heurística de Clarke y Wright

La heurística de Clarke y Wright (1964) surge, en el campo de la logística, como factor de simplicidad y flexibilidad en la programación de rutas, en el ámbito de la gestión de transporte. Existen varios estudios que demuestran diferentes formas posibles de programación de rutas. Para su implementación, son necesarios conocimientos matemáticos bastante complejos, restringiendo de este modo, su utilización en algunas empresas (Carvalho, 2002, p. 206).

Esta heurística se basa en el cambio de conjuntos de rutas en cada punto de llegada, de tal forma que mejore el desempeño global. Así pues, una de las designaciones atribuida a la formulación es la heurística de ahorro de Clarke y Wright (Carvalho, 2002, p. 207).

La formulación demuestra gran utilidad para flotas homogéneas, una vez que admite la minimización de la flota y de la distancia recorrida. Sin embargo, la heurística no posee la capacidad de manipulación de datos referentes a flotas heterogéneas, por no considerar los costes fijos y directos asociados a la variabilidad de los vehículos y de las distancias recorridas (Teixeira, 2002, p. 4).

Desarrollo del método

De entrada, son definidas las restricciones básicas del problema, como por ejemplo: por cada ruta sólo es atendido un cliente. Con base en estas restricciones, se debe garantizar la más pequeña distancia posible en la atención de todos los clientes. Así pues, se elabora una lista con las rutas (de ida y vuelta) desde el almacén hasta cada dos clientes, y se calculan los costes propiosa los respectivos desplazamientos (S_{ij}).

$$S_{ij} = d_{0i} + d_{0j} - d_{ij}$$

Siendo, d_{0i} y d_{0j} representantes de la distancia entre el almacén y los clientes i y j , respectivamente, y d_{ij} la distancia entre los dos clientes.

En suma, esta lista es organizada de forma decreciente de costos, siendo la solución óptima corresponde al coste total mínimo.

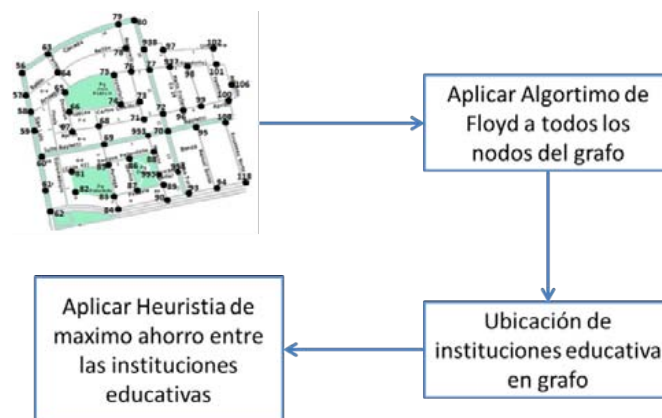
6. Desarrollo del Proyecto

Solución propuesta

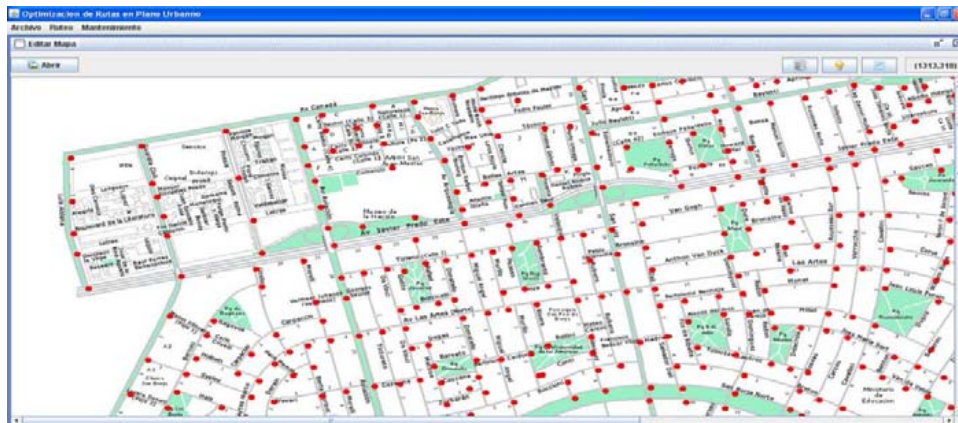
De acuerdo a la definición del problema, el presente trabajo plantea la implementación de un sistema de información que muestre el recorrido que debe hacer el vehículo dentro de la zona con la menor distancia recorrida, de tal forma que logre cubrir todas instituciones educativas asignadas, entregando los paquetes de papapan Fortificado a tiempo.

Modelo de la Solución

Partimos de que tenemos una base de Guía de todas las calles de Lima metropolitana, es decir los nodos, relaciones entre nodos y sus distancias respectivas.



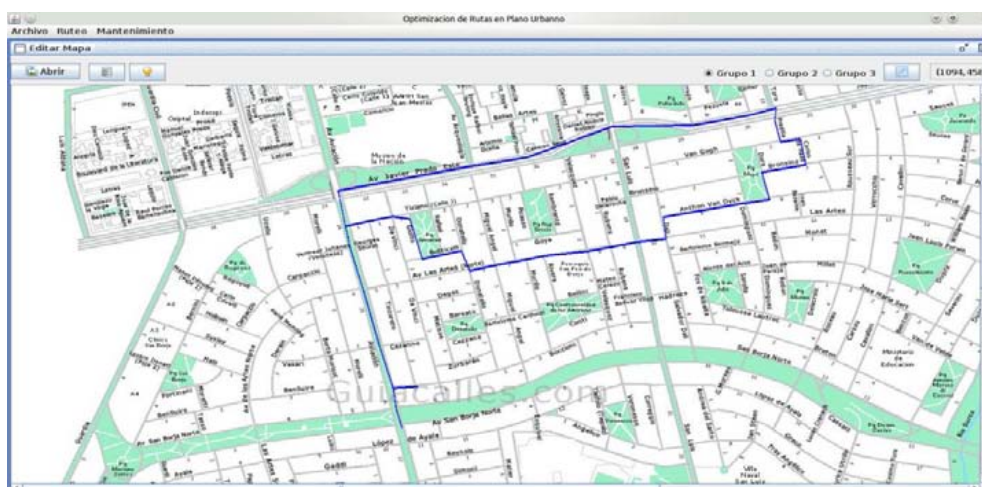
Se ubica los nodos como intersección de todas las calles, esto será para facilitar la visualización del resultado al momento de graficar la ruta óptima a seguir por el vehículo.



Se aplica el algoritmo de Floyd a todo el sector y lo guardamos en una base de datos, para usarla posteriormente al momento de aplicar la heurística de ahorros. Ubicamos en el mapa a las instituciones educativas a distribuir (Nodos en azul) y también la posición del Almacén.



Aplicamos la heurística de ahorros para encontrar la mejor solución



Con lo cual obtenemos el recorrido óptimo que debe seguir el conductor del vehículo a través de las calles de Lima para poder cumplir con la distribución del Papapan fortificado a todas las instituciones educativas asignadas.

7. Conclusiones

- El sistema de información elaborado se puede aplicar para solucionar diversos problemas de enrutamiento como la entrega de productos a distintos domicilios de clientes como lo hacen algunas empresas Logísticas, en entrega de comida rápida para varios clientes de un restaurante, etc.
- También, la metodología ofrece un medio para poder gestionar mejor el recurso humano y poder agregar medidas de eficiencia.

8. Recomendaciones

- En el caso que se tome en cuenta el sentido de las calles, para el caso de traslado en vehículos, se debe considerar como una distancia infinita al arco que va en dirección contraria al sentido correcto de la calle.

Referencias

Bautista Valhondo, Joaquin y Pereira Gude, Jordi (2002) Una revisión de Modelos para el Diseño de itinerarios y su aplicabilidad a los problemas de recogida de residuos Urbano - II Conferencia de Ingeniería de Organización

Christianil (2010) Informe de Prácticas Pre profesionales: Elaboración de pan con papa fortificado: papapan, <http://issuu.com/christianil/docs/papapan>

Morales Mauricio, Andres (2007) Desarrollo de un Framework para el problema de ruteo de vehículos - Chile : Inversidad de Chile Facultad de ciencias Físicas y Matemáticas

Olivera, Alfredo. (1994) Heurísticas para Problemas de Ruteo de Vehículos, Instituto de Computación, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Montevideo – Uruguay

Anexo 1

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS- 2012 PAPAPAN FORTIFICADO

Definición General

El producto Papapan Fortificado es un alimento de consumo directo, obtenido por amasamiento y cocimiento de masas fermentadas, cuya composición es harina de trigo, harina de maíz, harina de papa o papa sancochada y prensada, azúcar, mejorador de masa, levadura, sal, manteca vegetal, etc., mediante los cuales se obtiene un producto final de consistencia blanda, sabor característico, buena textura, suave en su masticación, de sabor y aroma definido y de aprobada aceptabilidad por los niños. No debe endurecer en el período recomendado para su consumo.

Ración

El producto sólido debe ser presentado en paquetes de una unidad con un peso de 75 g el paquete (equivalente a una ración).

Requisitos Físicoquímicos

Peso de la ración	: Mínimo 75 gramos
Energía por ración	: Mínimo 255 Kcal.
Proteína (N x 6.25)	: Mínimo 10 % de la energía total
Grasa	: 20 - 35 % de la energía total
Carbohidratos	: La diferencia
Humedad	: Máximo 40%
Acidez	: Máximo 0.70 % expresado en ácido láctico
Ceniza	: Máximo 3 %
Hierro	: Mínimo 5 mg
Bromatos	: Ausencia