

Optimización en la Distribución del producto terminado de una Agroindustria en la ciudad de Lima

Jonatán Edward Rojas Polo

Pontificia Universidad Católica del Perú, jrojas@pucp.pe

Flor María Córdova Neira

Pontificia Universidad Católica del Perú, cordova.flor@pucp.pe

Gianni Valerie Reyes Maquín

Pontificia Universidad Católica del Perú, gianni.reyes@pucp.pe

Consuelo Socorro Tamariz Medina

Pontificia Universidad Católica del Perú, c.tamariz@pucp.pe

ABSTRACT

The present work arose from the need to seek routes to optimize the route and transfer of products offered by the agroindustrial, trying to minimize the distances and costs between the point of release of the company and distribution centers for products, which are mostly the main supermarkets in Lima. To obtain the optimal distribution path worked with a heuristic two-phase routing first and then assign. As the first step in developing the distribution graph only for the downtown area, which has three vehicles, a node clearance delivery and 34 nodes. Heuristic Clark and Wright algorithm was then applied, considering only the distances from one point to another. Subsequently clusters assigned by Gillet sweep algorithm to saturate the capacity of the vehicles, for a savings of 15% of the initial path.

Keywords: Distribution centers, distribution route optimization, minimize distribution costs.

RESUMEN:

El presente trabajo surge ante la necesidad de buscar rutas que optimicen el recorrido y traslado de los productos ofrecidos por la Agroindustrial, tratando de minimizar las distancias y costos entre el punto de despacho de la empresa y los centros de distribución de los productos, los cuales son en su mayoría los principales supermercados de Lima. Para obtener la ruta óptima de distribución se trabajó con una heurística de dos fases, ruteo primero y asigno después. Siendo el primer paso elaborar el grafo de distribución solo para la zona centro, que posee tres vehículos, un nodo de despacho y 34 nodos de entrega. Luego se aplicó el algoritmo Heurístico de Clark y Wright, considerando solo las distancias de un punto a otro. Posteriormente se asignó clústeres mediante el algoritmo de barrido de Gillet hasta saturar la capacidad de los vehículos, obteniendo un ahorro del 15% del recorrido inicial.

Palabras Clave: Centros de distribución, Optimización de rutas de distribución, minimizar costos de distribución.

1. INTRODUCCIÓN

El número de vehículos que transitan por las avenidas y calles en la ciudad de Lima está incrementándose cada año, de modo que el tráfico se vuelve muy pesado en horas punta, como por ejemplo en las mañanas entre 7:00 am a 9:00 am y en las tardes entre 4:00 pm a 7:00 pm. Parte de este problema se genera por la poca capacidad para la cual las pistas se hicieron. Sin embargo, a este se le debe sumar el aumento de los camiones de carga pesada, vehículos interprovinciales y vehículos de distribución de mercadería. Generalmente, las empresas cuyo rubro es la distribución poseen sistemas integrados que les facilitan la elección de rutas para sus unidades. Sin embargo, aquellas empresas manufactureras que asumen la distribución de sus productos, raramente invierten en sistemas tecnológicos que puedan ayudarlos a optimizar distancias puesto que estos representan una inversión que en muchos casos no puede ser sostenida por estas empresas. Este es el caso de la Agroindustria estudiada, empresa manufacturera procesadora de aceitunas y derivados, que se encarga de la distribución local de los productos que elabora a través del uso de tres camiones, aquellos que abastecen a cada una de las tres zonas diariamente: norte, centro y sur.

La situación planteada nos lleva a formularnos la siguiente interrogante: Sin necesidad de recurrir a sistemas que representen grandes inversiones, ¿se podría hacer uso de algoritmos que contribuyan en la optimización de las distancias a recorrer?. La interrogante planteada nos lleva a pensar en la Heurística de Clark Wright, usado en la búsqueda de las distancias más cortas entre un punto y otro.

Según la Heurística de Clark Wright se puede elegir la ruta más corta que relacione todos los nodos de una red. Para el caso de Agroindustria en mención (depósito) se busca obtener la ruta más corta para llegar a todos los puntos de distribución (nodos).

2. MARCO TEÓRICO

La Heurística de Clark y Wright es un procedimiento simple para la resolución de Problemas de Ruteo de Vehículos (VRP), la cual se basa en el concepto del ahorro en una secuencia de nodos respecto a un punto fijo (ver figura 1). Es decir, si se tienen dos rutas diferentes y pueden ser combinadas formando una nueva ruta como se muestra en el figura 1, el ahorro se obtiene hallando lo mostrado anteriormente. En la solución nueva el arco (i,j) se agrega a los arcos (i,0), (0,j). La solución inicial hallada se da cuando las empresas distribuidoras envían sus productos con un solo vehículo.

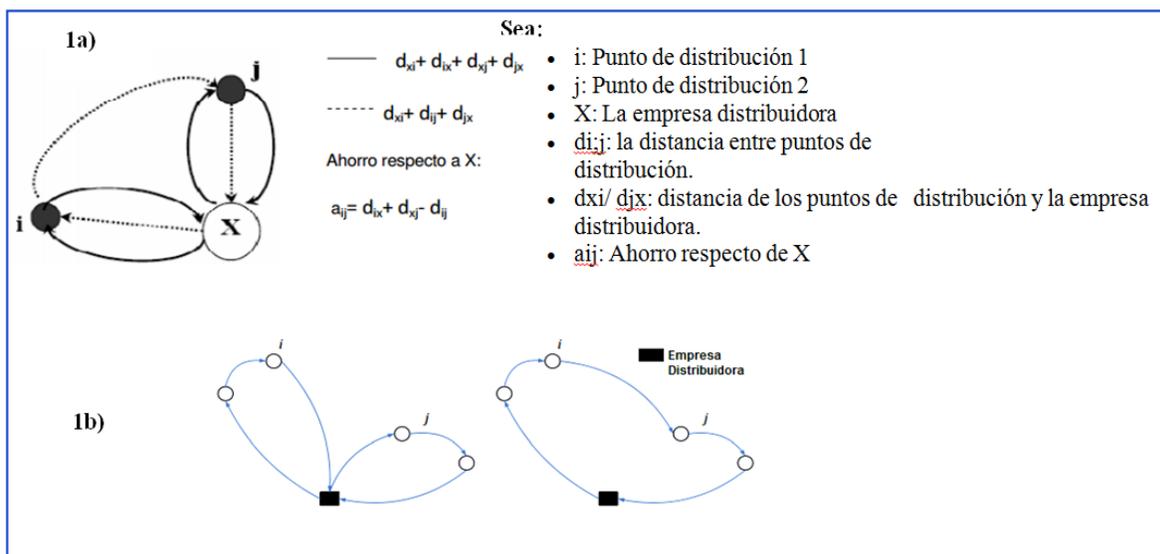


Figura 1 - Representación del concepto de ahorro en un grafo.

Fuente: Clarke y Wright (1964)

3. Descripción del modelo

La empresa agroindustrial distribuye sus productos a supermercados de todo Lima, entre ellos Wong, Metro, Plaza Vea, Vivanda, Tottus y Makro. Para realizar una mejor distribución, se ha agrupado a estos en tres zonas: centro, norte y sur. Entre estas, la zona centro es la que distribuye al mayor número de establecimientos en todo Lima con un total de 34 puntos de entrega. En esta agrupación se utiliza una unidad de distribución (camión de 2 toneladas) para cada zona. De esta manera, se encontró la menor distancia logrando abastecer a todos los supermercados pertenecientes a este clúster. Según la información proporcionada por la empresa se tiene los siguientes puntos de distribución, ver Tabla1.

Tabla 1 - Notación de cada cadena de supermercado

Cadena	Dirección	Distrito	Zona geográfica
Metro 1	Alameda - Chorrillos	Chorrillos	centro
Plaza Vea 1	Alameda Sur	Chorrillos	centro
Metro 2	Aramburu	Surquillo	centro
Metro 3	Arenales	Lince	centro
Metro 4	Arica	Breña	centro
Wong 1	Aurora	Miraflores	centro
Metro 5	Benavides	Miraflores	centro
Wong 2	Benavides	Miraflores	centro
Vivanda 1	Benavides	Miraflores	centro
Metro 6	Breña	Breña	centro
Metro 7	Canadá	La Victoria	centro
Metro 8	Castilla	Lima	centro
Metro 9	Plaza Lima Sur	Chorrillos	centro
Wong 3	Dos de Mayo	San Isidro	centro
Vivanda 2	Dos de Mayo	San Isidro	centro
Metro 10	Huaylas - Chorrillos	Chorrillos	centro
Metro 11	Manco Capac	La Victoria	centro
Plaza Vea 2	Miraflores	Miraflores	centro
Vivanda 3	Pardo	Miraflores	centro
Vivanda 4	Pezet	San Isidro	centro
Metro 12	Próceres	San Juan de Lurigancho	centro
Metro 13	San Isidro	San Isidro	centro
Metro 14	Shell	Miraflores	centro
Plaza Vea 3	El Cortijo - Barranco	Barranco	centro
Plaza Vea 4	Súper Dasso	San Isidro	centro
Metro 15	Limatambo	San Borja	centro
Metro 16	Ingeniería	Rímac	centro
Metro 17	San Juan Lurigancho	San Juan de Lurigancho	centro
Metro 18	Cuzco	Lima	centro
Tottus 1	Angamos	Surquillo	centro
Tottus 2	San isidro	San Isidro	centro
Tottus 3	Huaylas - Chorrillos	Chorrillos	centro
Makro 1	Jorge Chávez 1208	Surco	centro
Makro 2	Jr, Cajamarquilla 1527	San Juan de Lurigancho	centro

Con los datos presentados en la tabla1, se halló la distancia entre cada par de clientes, estos datos se almacenan en la matriz de distancias (tabla 2) y se realizó un mapa inicial (figura 3) con los 34 nodos de distribución y un nodo fijo que es la empresa agroindustrial (deposito). En este mapa inicial se considera la distancia de ida y vuelta entre un par de nodos. Los nodos indicados en el mapa son los siguientes:

Tabla 3 - Matriz de ahorros de distancia entre cada par de nodos.

T	METRO 1	Plaza Vea 1	METRO 2	METRO 3	METRO 4	Wong 1	METRO 5	Wong 2	Vivanda 1	METRO 6	METRO 7	METRO 8	METRO 9	Wong 3	Vivanda 2	METRO 10	METRO 11	Plaza Vea 2	Vivanda 3	Vivanda 4	METRO 12	METRO 13	METRO 14	Plaza Vea 3	Plaza Vea 4	METRO 15	METRO 16	METRO 17	METRO 18	Tottus 1	Tottus 2	Tottus 3	MAKRO 1	MAKRO 2
METRO 1	5.41	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	-0.1	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	-1.5	1.4	1.4	-5.3	1.4	1.5	1.4	1.5	1.4	-0.5	-5.8	1.4	1.5	1.4	3	1.45	-5.2
Plaza Vea 1	1.8	1.8	1.4	1.8	1.8	0.3	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	-1.1	1.8	1.8	2.3	1.8	1.8	1.8	1.9	1.8	-0.2	10.2	1.8	1.8	1.8	3.4	1.75	1
METRO 2	22.1	22.1	17	16.5	14.2	16.1	21	21.5	21	0.9	22.1	22.1	1.7	21.4	16	17.5	19.3	21.5	21.1	16.8	14.4	21.1	20.8	19	20.7	21	19.7	21.2	0	-0.75	20.2			
METRO 3	29.6	16.8	17.5	13.8	17.1	27.6	24	27.6	2.1	27.3	27	3.7	26.4	17.8	19.2	23.5	27.4	23.6	17.5	14.8	20.1	20.6	25.6	26.9	27	19.8	23.6	1.3	0.45	26.1				
METRO 4	16.7	17.5	13.4	17.1	34.1	24.6	33.7	2.1	27.1	27.9	3	30.7	17	17.5	24.7	31.2	23.8	17.6	14.8	23.7	20.6	31.7	30.8	32.4	19.8	23.7	1.3	0.55	30.7					
Wong 1	14.6	13.8	14.2	16.5	17	16.5	0.8	16	16.1	2.1	15.7	12	14.3	14.5	15.1	14.9	14.5	12.8	15.5	18.5	12.7	14.7	15.3	18.2	15.3	-1.6	-1.55	12.4						
METRO 5	12.1	16.69	11.3	16.2	16.2	2.3	17.6	17.6	2.5	16.2	13.8	16.6	16.7	16.7	16.3	16.65	13.6	16.7	16.3	16.65	13.6	14.2	16.2	16.3	16.3	16.3	1	0.25	15.4					
Wong 2	11.4	13.1	14.6	13.1	3.1	13	13	2.7	13	9.4	11.4	11.3	16.1	12.7	11.4	10.9	12.3	16.9	11.1	15.6	13	15.3	12.7	12.7	1.1	1.15	16.1							
Vivanda 1	15.7	15.7	15.7	1.7	17.6	17.6	2	15.8	13.8	16.6	16.7	16.2	16	16.6	13.1	17.2	15.7	13.7	25.5	16.1	15.8	15.8	0.5	-0.25	14.9									
METRO 6	23.7	33.5	0.9	25.8	26.6	1.8	29.4	16.7	18	23.3	31.8	22.5	16.3	13.6	22.3	19.4	31.5	30.5	31.4	18.5	22.4	0.1	-0.65	30.4										
METRO 7	22.7	1	23.8	23.8	0.4	25	14.5	15.7	19.7	27.4	22.5	15	12.2	20	21.3	20.8	26.9	24.4	20.1	22.4	-1.3	-2.15	27.4											
METRO 8	0.9	25.7	26.5	1.8	29.8	16.7	18	23.2	34.1	22.5	16.4	13.6	22.4	19.4	34.5	33.5	33.2	18.5	22.4	0.1	-0.75	33.4												
METRO 9	4	4	0.9	4	1.1	4	4	4.5	4	4.1	4	4.1	4	4.1	4	2.1	4	4	4.1	4	-0.5	-1.35	3.2											
Wong 3	23.7	3.5	24.3	17.6	19.3	25	24.1	23.4	17.4	14.6	23.9	20.4	23.7	23.6	24.3	19.6	23.4	1.1	0.35	22.8														
Vivanda 2	3.8	24.6	17.9	20	25.7	24.4	23.7	18	14.9	24.5	20.7	24.9	23.9	25.6	19.9	23.7	1.4	0.55	23.9															
METRO 10	2.3	-0.6	2.3	3.2	2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	-0.5	1.5	2.3	2.3	2.3	1.5	0.65	0.7											
METRO 11	15.4	17.4	21.2	31	22.2	15.8	13.1	21.7	19.2	27.4	30.5	29.9	18	22.1	-0.4	-1.25	30.4																	
Plaza Vea 2	14.5	18	16.5	16.2	13.4	10.6	17	15.4	14	16	16.4	15.5	16	-2.9	-3.75	15.9																		
Vivanda 3	18.7	16.7	17.1	16.7	12.9	19.4	16.8	14.3	26.1	17.2	16.3	16.9	0.8	-0.45	20.1																			
Vivanda 4	20.7	20.2	16	10.9	22.6	16.7	21.2	20.2	21.8	15.6	19.7	0.4	-0.45	20.1																				
METRO 12	22.9	16.7	14.1	21.5	20.2	34.8	34.8	34.2	18.6	23.4	0.5	0.55	44.3																					
METRO 13	16.2	13.5	21.2	20.2	20.2	22.1	22.1	19.1	22.65	-0.9	-1.65	22																						
METRO 14	13.1	18.2	16.3	14.3	16.2	16.6	16.3	16.3	0.6	-0.25	15.4																							
Plaza Vea 3	13.9	14.3	11.4	13.4	13.4	13.6	13.4	0.7	-0.15	12.6																								
Plaza Vea 4	19.5	18.8	20.8	21.1	19.5	20.8	1.1	0.25	19.9																									
METRO 15	18.1	20	20	22.2	20	-1	0.85	19.7																										
METRO 16	30.2	28.7	13.8	19.2	-4.4	-5.15	31																											
METRO 17	35.2	19.6	23.8	1.5	1.55	45.3																												
METRO 18	18	21.9	-0.4	-1.25	33.5																													
Tottus 1	19.9	0.3	-0.45	19.4																														
Tottus 2	-0.7	-1.55	22.4																															
Tottus 3	0.95	0.1																																
MAKRO 1	0.65																																	
MAKRO 2																																		

Siguiendo con los pasos, escogimos el mayor ahorro de distancia entre todos los nodos y analizamos si cumple con las siguientes restricciones:

- i) Si el grado del nodo es mayor que cero, aun podemos iterar. $T(O, i), T(O, j) > 0$
- ii) Que el nodo i y el nodo j no se encuentran en la misma ruta.

Si cumple con las restricciones mencionadas, se procede a unir los nodos y se va creando la secuencia de la ruta óptima que debe seguir la empresa Agroindustrial.

Después de aplicar el método heurístico de Clark & Wright, se obtuvo que la ruta óptima para la distribución de los productos en los 34 nodos (clientes) es de 112.31 km por día. En la figura 4 se muestra la secuencia la ruta desde la planta de proceso hacia los nodos. La secuencia es: Agroindustria-18-9-7-23-19-20-15-4-14-25-3-10-5-12-22-21-28-34-29-17-11-22-31-26-30-6-8-24-13-16-32-2-1-33-Agroindustria.

Posteriormente la secuencia obtenida en la red completa de distribución, se divide en 3 clúster (1 clúster por vehículo) mediante el algoritmo de Gillet y Miller, esta clusterización no es óptima dado que solo dividimos en tres grupos mediante una recta imaginaria que barre el espacio de nodos hasta saturar la capacidad de cada camión (flota homogénea). No obstante este método es mejor que la asignación actual, la cual no sigue ningún principio de optimalidad, dado que sigue una regla actual de secuenciación FIFO (first in – first out).

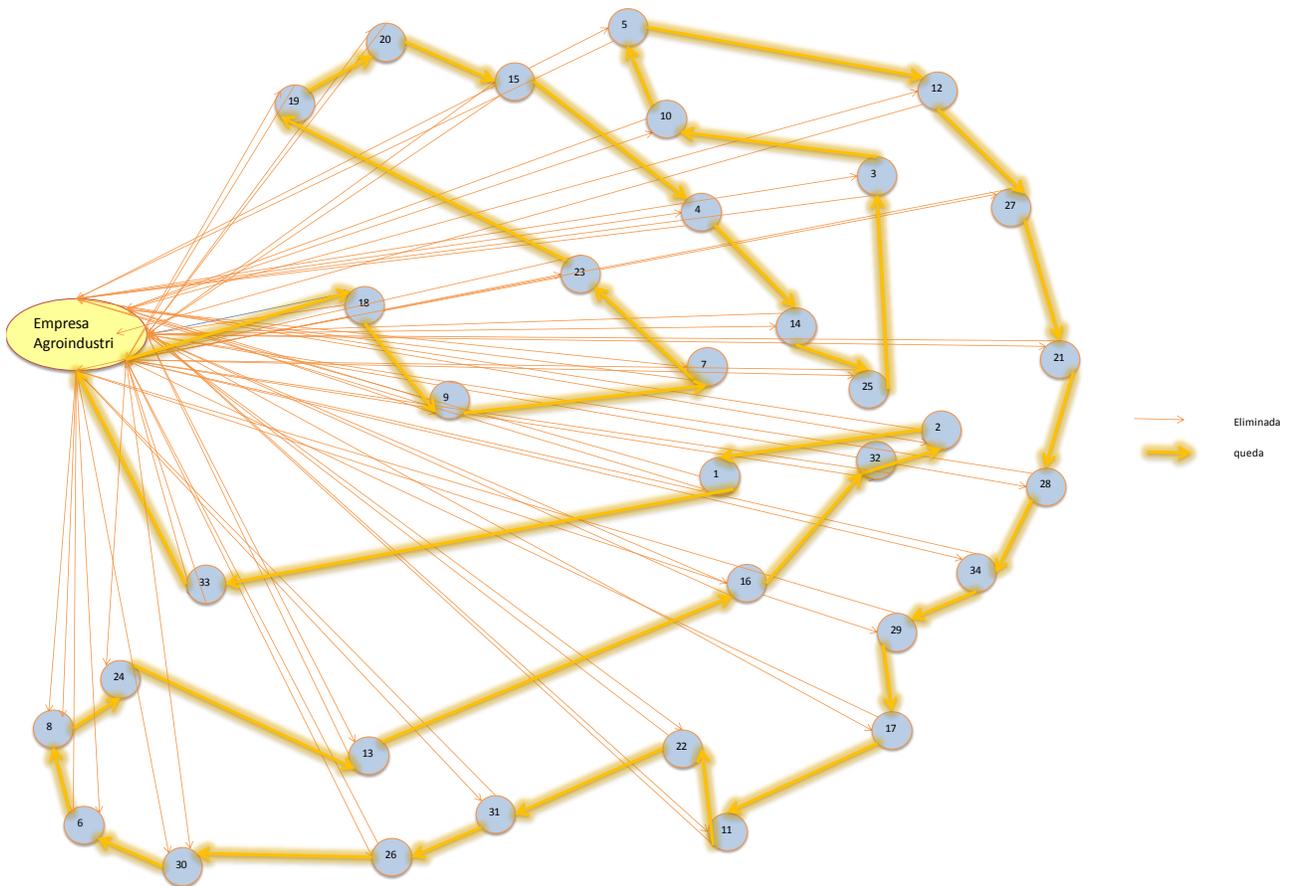


Figura 4 - Mapa de distribución de la empresa agroindustrial hacia cada cliente.

4. Resultados

Para una correcta comparación entre la distribución actual y el método propuesto de ruteo de vehículos, solo compararemos la calidad de secuenciación del total de la red de distribución y no de los sub-tours de cada vehículo. En la tabla 4 podemos observar que entre el método que actualmente sigue el planificador de logística y el método propuesto existe un ahorro de 19.17 km, que representa en un ahorro del 14.58% en el recorrido diario de distribución de nuestros productos, ver la figura 5a y figura 5b.

Tabla 4 – Resultados de los métodos de ruteo

Método	Secuenciación	Distancia total
Ruteo Actual	A-1-3-4-8-11-2-5-6-7-9-10-12-17-14-13-15-16-18-19-26-21-20-25-22-23-24-29-27-28-34-31-30-32-33-A	131.48 km
Mejora Propuesta	A-18-9-7-23-19-20-15-4-14-25-3-10-5-12-22-21-28-34-29-17-11-22-31-26-30-6-8-24-13-16-32-2-1-33-A	112.31 km

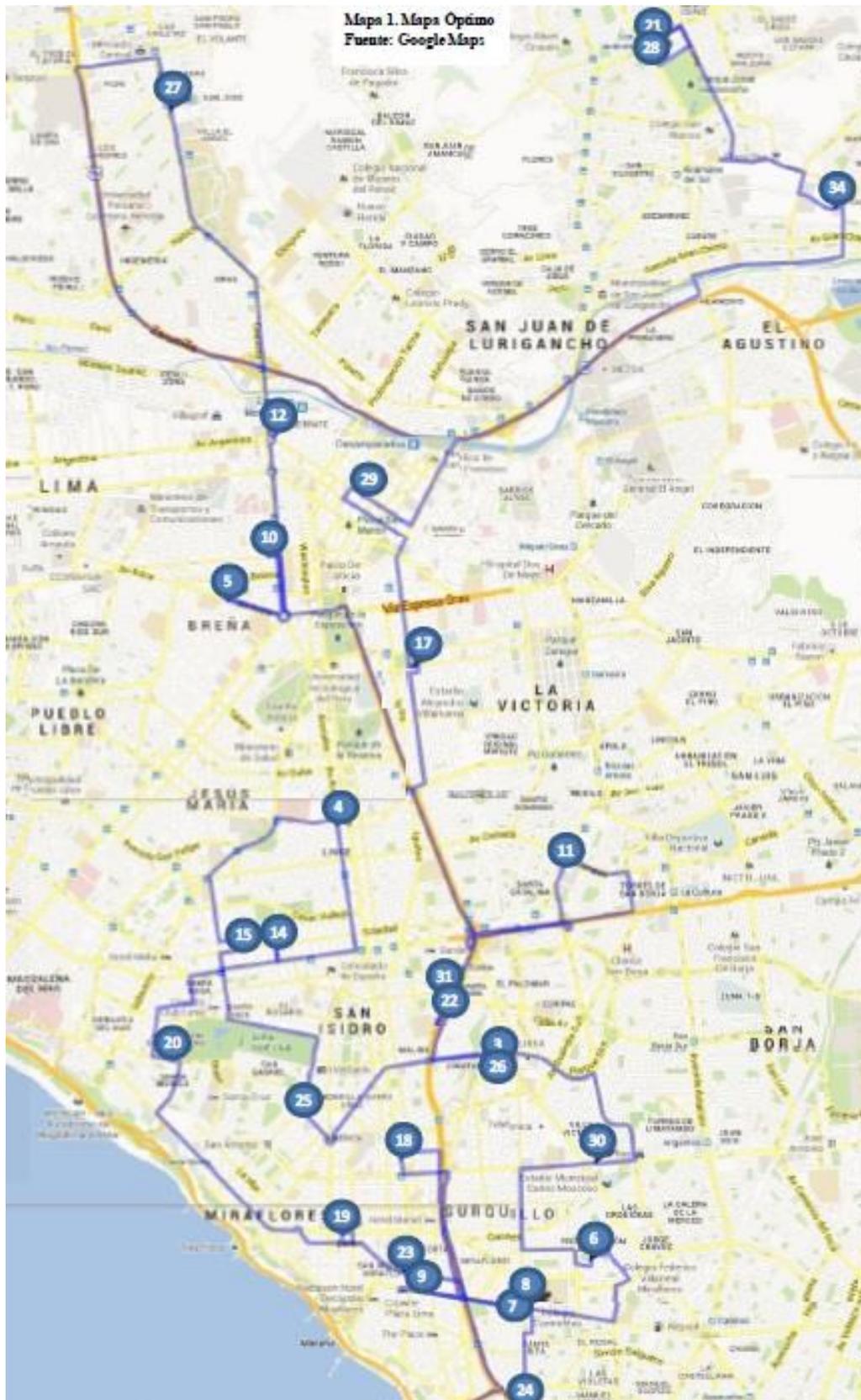


Figura 5a – Secuencia de distribución y ubicación geográfica de los clientes.

6. Recomendaciones

Muchas son las variables que afectan a la solución de ruteo con vehículos; por ellos, se deben considerar las variables que tienen mayor influencia para la obtención de la ruta y de las que se tiene información. Para este caso consideramos como variable importante la distancia, pues al ser muchos los centros de distribución se debe de recorrer la menor distancia entre ellos. También se podría considerar la capacidad máxima del camión, los horarios y días de recepción de mercadería.

La empresa en estudio podría utilizar esta solución como base; sin embargo, es importante hacer un estudio más profundo para obtener una solución de mayor calidad. Para lo cual, se buscaría reducir los costos de distribución, tanto en kilómetros recorridos como tiempo empleado. Como solución de mejora, el método propuesto mejoró la distribución de la empresa, no obstante surgen retos como realizar un ruteo con ventanas de tiempo VRPTW, además de una correcta clusterización con principios de optimalidad aplicando un dendograma o un análisis de discriminante.

Referencias

Clarke, G. & Wright, J. (1962). *Scheduling of vehicles from A central Depot to a number of delivery points*. Cooperative Wholesale Society. *Operations Research* 12 (1964), pp 568 – 581.

Vega, Ó. *Asignación de rutas de viajantes de comercio*. Consulta: 10 de Mayo 2013.
http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/5719/1/PFC_Oscar_Vega_Oca%C3%B1a.pdf

Ballou, R. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. 5ta ed. Editorial Pearson.

Christopher, M. (2011). *Logistics & Supply Chain Management*. Fourth Edition. Pearson Education

Cadillo, José (2011). *Tesis: Estudio Comparativo de la aplicación de heurísticas al problema de ruteo de vehículos*. Consulta: 15 de Junio 2013.
http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/874/CADILLO_PAREDES_JOSE_HEURIS_TICAS_RUTEO_VEHICULOS.pdf?sequence=1

Authorization and Disclaimer

Authors, Jonatan Rojas, Flor Cordova, Gianni Reyes & Consuelo Tamariz, authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.