

OPTIMIZACIÓN DEL RECORRIDO DE LA FUERZA DE VENTAS DE UNA EMPRESA DE BIENES DE CONSUMO MASIVO

Ximena Rodríguez

Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Peru, ximena.rodriguez@pucp.pe

Carola Pareja

Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Peru, a20086300@pucp.pe

Faculty Mentor:

Wilmer Atoche, Pontificia Universidad Católica del Perú
Lima, Lima, Perú, watoche@pucp.edu.pe

ABSTRACT

This paper consists in applying all the theory learnt in class to real life situations. In our case, we've decided to analyze the main function of the "Sales Force Division" of the distributors exclusively associated to the company "Procter and Gamble". Our objective is to determine the best path each salesman must try to cover in his visit per zone assigned. We will take into consideration the distance between each retailer that should be attended in a specific zone and the average sales per visit each retailer provides. Based in these two variables, we have analyzed two scenarios. The first one, using the algorithm of Kruskal, to determine the shortest path the sales man must do to reach the targeted retailers in a day by minimizing the total distance travelled. The second one, using the algorithm of Dijkstra, we have determined the best path the salesman must follow in order to maximize sales levels and thus the path (clients) that should always be reached in case external factors don't allow the full coverage of the 20 sales points. Both solutions lead to a significant increase in productivity in each salesman and in total sales for the company.

RESUMEN

En el presente artículo, se ha analizado el recorrido por zonas que realizan los vendedores pertenecientes a la fuerza de ventas de una empresa de bienes de consumo masivo. Nuestro objetivo principal se basa en determinar la ruta óptima de los vendedores, teniendo en cuenta dos variables significativas: ventas promedio por visita en punto de venta y la distancia recorrida entre puntos de venta, para poder así cumplir la meta organizacional de cobertura de todos los puntos de clientes proyectados y el monto total de ventas efectuadas en una zona determinada en un periodo de tiempo. Los vendedores están asignados a zonas específicas, cada zona está compuesta por 20 potenciales clientes y cada zona debe ser cubierta en un día, una vez a la semana. Sin embargo, actualmente en la práctica los vendedores no llegan a la cobertura mínima y/o al estimado de ventas meta propuesto debido a una falta de planificación en su recorrido y priorización, afectando consecuentemente los resultados corporativos de ventas. El modelo desarrollado tiene la ventaja de poder ser aplicado en el proceso de ventas y distribución de bienes de consumo masivo de una organización en general y ser utilizado de manera efectiva en el caso de cualquier línea de producto de bienes distribuidos de esta manera.

Basándonos en información real proporcionada por la empresa, hemos utilizado dos métodos principales para cumplir ambos objetivos. Primero, a través del método de Kruskal se ha simulado el recorrido por cada zona de un vendedor para hallar la ruta óptima minimizando la distancia total recorrida y por lo tanto el tiempo

incurrido en el trayecto. Segundo, a través del algoritmo de Dijkstra se ha simulado la trayectoria más corta de un nodo a otro (punto de venta) para así poder encontrar la ruta más corta para maximizar los ingresos y hallar la ruta crítica de clientes que deberá tomarse como prioridad en ocasiones que factores externos limiten el número de clientes por recorrer ese día debido a su mayor beneficio económico en montos totales de ventas. Ambas rutas proporcionan información útil que permitirá incrementar la productividad de cada vendedor y de toda la empresa al ser esta su principal fuerza de ventas y canal de distribución. En conclusión, ambos métodos incrementan el monto total de ventas y/o la cobertura final de puntos de venta, disminuyendo en un 15% las distancias recorridas respecto a la situación actual. Por un lado, el método Kruskal asegura la cobertura y ventas de la zona comprometida, mientras que el algoritmo de Dijkstra sugiere resultados específicos de los puntos de ventas con más ingresos que no deben dejar de visitarse en caso hayan factores externos limitantes de tiempo o recursos humanos. Esta información la consideramos valiosa para cada vendedor, ya que le permite planificarse y adaptarse de acuerdo a la situación, al igual que es relevante para la empresa ya que te guía en casos de emergencia o en casos restringidos en los cuales no se podrá abarcar todos los puntos

Con los resultados obtenidos, se concluye que los vendedores alcanzarán sus puntos de venta planificados e incluso incrementarán sus ventas totales. Este modelo está hecho para una zona específica de la empresa de bienes de consumo masivo en su mercado en Lima, Perú, pero es replicable y aplicable para cualquier zona y área que una fuerza de ventas especializada deba cubrir en una organización de este rubro.

1. INTRODUCCIÓN

Una distribuidora que pertenece a uno de los gruposl Grupo Vega, grupo de distribuidores de Lima. Ellos distribuyen productos de Procter & Gamble, así como otros productos de distintas marcas. Para efectos de este trabajo, nosotros nos enfocaremos en la distribución de los productos únicamente de Procter & Gamble, para los que la distribuidora cuenta con una fuerza de ventas exclusiva o llamados también “Vendedores A”, que es una división de cada distribuidora que solo está enfocada en promocionar y vender dichos productos.

Estos vendedores hacen el recorrido de ventas una vez por semana a cada zona asignada y cada vendedor tiene 20 clientes en su cartera a los cuales debe llegar en el día. Sin embargo, nos hemos podido dar cuenta que el recorrido no se realiza en su totalidad. Esto se debe a la mala planificación por parte del vendedor, lo que le impide llegar a su objetivo de ventas y ocasiona en varios casos ventas perdidas. En base a esta oportunidad, hemos decidido analizar las dos principales variables que ayudarán a definir la ruta óptima para los vendedores y de esta manera llegar a su objetivo de ventas. Estas variables son: distancia y ventas promedio por cliente visitado. Por un lado, la distancia es importante pues nos indicará la distancia del camino para cumplir con las ventas y evitar retornos innecesario ; y por otro lado, las ventas promedio nos indicará qué tiendas son las que representan mayores ganancias y en base a esto poder determinar una ruta óptima. Nosotras creemos que a través de este trabajo aplicativo vamos a poder dar una opción de mejora que va a favorecer tanto a Grupo Vega como a P&G, aumentando la productividad de los vendedores y a su vez las ventas en cada punto asignado y por ende las totales.

2. MARCO TEÓRICO

Para resolver el problema es necesario realizar un análisis de acuerdo a dos factores: la distancia y el valor de las ventas (en soles).

De acuerdo a la información de la empresa, cada vendedor tiene a cargo 20 clientes o sea debe de visitar 20 tiendas, por lo cual hemos trabajado por zonas de cada vendedor. Hemos escogido el área de un supervisor, que cuenta con 200 puntos de venta y por lo tanto 10 zonas de vendedores, las cuales han sido agrupadas por su cercanía.

En primer lugar, para poder identificar cuál es la mejor ruta que debería seguir un vendedor para lograr llegar a todos los puntos de ventas recorriendo una distancia mínima y ser capaz de cumplir con todas sus ventas, se va a utilizar el algoritmo Kruskal donde las unidades a minimizar serán un factor de la distancia calculada

entre los clientes dados de cada zona. Mediante dicho método realizaremos las conexiones adecuadas para lograr encontrar la ruta más corta.

Por otro lado también es importante observar el valor de ventas en soles para tomar la decisión de cuáles puntos de ventas son más trascendentales que el vendedor logre acudir en caso de que el tiempo de su jornada no le bastará para realizar todas las visitas.

Para este caso utilizaremos el algoritmo Dijkstra para obtener la trayectoria más corta de un nodo a otro que en nuestro caso lo referiremos como el camino con el complemento del costo mínimo, “M-Ventas promedio por visita”, siendo M el mayor valor de ventas de la zona y así después encontrar la ruta más corta para maximizar los ingresos. Los datos que se tienen de cada tienda son el valor de ventas mensuales en soles, a partir de estos obtendremos un ponderado de ventas por visita, y en cada zona utilizaremos el valor más alto “M” y le sustraemos cada una de los ingresos menores por ventas por visita, así obtenemos los complementos/costos por visita a cada tienda o nodo que se colocaran en las flechas del diagrama.

A continuación, plantearemos el Modelo de Programación Lineal para Dijkstra. Este explica, aplicado a la teoría, cómo funcionaría el modelo de Dijkstra con nuestro caso para poder encontrar así la mejor ruta para maximizar las ventas del recorrido.

Para explicar el modelo como ejemplo se va a tomar la **Zona Vendedor 7 (s/)**.

Variables de Decisión:

X_{ij} : decisión de ir a través de la ruta entre el cliente (nodo) i y el cliente (nodo) j.

Decisión de ir a vender a ese punto de venta ($X_{ij}=1$) o decisión de no ir ($X_{ij}=0$) a través de la ruta entre los nodos i y j.

Donde $i=1,2,3,4,5,\dots,20$ y $j=1,2,3,4,5,\dots,20$

Función Objetivo:

Minimizar la distancia recorrida entre el inicio y fin de la red, en nuestro caso, comenzando del punto de inicio del vendedor. Los coeficientes serán correspondientes a los datos de “M-(las ventas en soles de cada bodega)” de manera que podemos tener como función objetivo minimizar y así poder utilizar el algoritmo de Dijkstra.

Objetivo

Al minimizar los costos, podemos observar como estos montos de ventas, entre diferentes nodos de inicio, que comparten un mismo nodo final intermediario en la red, es igual ya que al llegar a ese final intermediario, les permite obtener esa ganancia.

El valor 161.59 es un valor base, ya que se asumirá que el vendedor parte de la tienda uno (el diagrama parte del nodo 1) o sea que a esa tienda siempre debe haber ido primero para luego escoger a que tienda se dirige.

Min

$$Z=161.59+40.08X_{12}+181.55X_{13}+151.4X_{14}+118.56X_{25}+0.25X_{26}+151.4X_{34}+\dots+160.72X_{1920}$$

Restricciones

Flujo en el nodo 1:

$$X_{12}+X_{13}+X_{14}=1$$

Flujo en el nodo 2:

$$X_{25}+X_{26}-X_{12}=0$$

Flujo en el nodo 1:

$$X_{34}+X_{37}-X_{13}=0$$

Flujo en el nodo 1

$$X_{48}+X_{49}-X_{14}-X_{34}=0$$

...

Flujo en el nodo 20:

$$X_{1620}+X_{1720}+X_{1920}=1$$

Rango de Existencia

$$X_{ij}= 0 \text{ ó } 1$$

Los métodos a emplear elegidos están fundamentados no sólo en la teoría misma de la investigación operativa, sino también en análisis desarrollados anteriormente en tesis y papers encontrados de los IFORS.

Entre los antecedentes encontrados del modelo a realizar, primero podemos citar la tesis “**Análisis de los Problemas de Asignación de Rutas, Horarios y Cargas en una Distribuidora de Productos**”, en la que se abordó el problema de transporte que incluye las tareas de enrutado, programación de horarios y asignación de carga. Por ser un tema similar al de nuestro trabajo, daremos importancia a la parte: **2.4.1 Definición y Asignación de Rutas en una Embotelladora de Productos**, dicho problema tiene restricciones como parte del problema real de transportación, examinaremos la restricción: *La ubicación del almacén y los clientes, y el tiempo de viaje*, este elemento se refiere a las conexiones geográficas que existen entre cada una de las localidades. El paper, nos explica como cada localidad puede enlazarse con las demás de diferentes maneras, iniciando y terminando en el almacén forman una ruta, en la que su inicio es igual al fin. En este caso, la ruta es evaluada con un costo, que es la suma de los costos, que cada conexión tiene desde el inicio al fin, con el objetivo de lograr que esta se minimice. También pudimos observar la restricción: “*La Demanda de los Clientes*”, referente a las cantidades demandadas que deben ser satisfechas por el almacén, provenientes de cada cliente, y las cuales en ocasiones estas pueden superar la capacidad de los vehículos disponibles por lo cual será necesario programar más de un viaje para lograrlo.

- De la restricción de la demanda de los clientes, surgió la idea de realizar rutas analizando también las ventas de cada tienda, analizaremos el caso en el que el vendedor no pueda cubrir todas sus ventas por falta de capacidad o disponibilidad de tiempo, se podría aumentar un vendedor en caso sea necesario como en el caso de la distribuidora de productos programan un viaje más, pero en nuestro trabajo trataremos primero de cumplir los objetivos de ventas con la misma cantidad de vendedores para no incurrir en costos extra innecesarios de contratación, ya que una buena planificación puede resolver el problema. En base a esto también desarrollamos el criterio de que en algunas ocasiones extraordinarias, el vendedor deberá asistir primordialmente a las tiendas con mayores ventas, para la realización de dicha idea utilizaremos el método Dijkstra (minimización de costos), para el cual convertiremos los datos de ventas a costos, de la manera que se ha explicado anteriormente.
- En nuestro estudio de acuerdo a la agrupación de las tienda en zonas de acuerdo a sus coordenadas, podremos realizar la selección de conexiones que minimicen del costo o distancia de enrutamiento. En la tesis el factor de cada conexión es el costo de la ruta, en nuestro estudio seleccionaremos las conexiones de acuerdo a la maximización de ingresos es decir minimización de costos (método: Dijkstra). También realizaremos minimización de distancias (método: Kruskal). Evaluaremos la ruta como el resultado de la suma de las distancias o costos de cada conexión.

Otro trabajo relacionado es el siguiente informe “Aplicación de la Teoría de Grafos para mejorar la planificación de rutas de trabajo de una empresa del sector de la distribución automática” En el cual se estudia el caso de la empresa Semacaf Máquinas de Café S.L., perteneciente al sector de la distribución automática, en el cual evalúan la efectividad de su política actual de rutas y la comparan con la política óptima obtenida mediante la aplicación de software “Rutas y Grafos”. La herramienta *Grafos* es un software para la construcción, edición y análisis de grafos, que también toma en cuenta factores relacionados a la ingeniería de organización industrial, la logística y el transporte, investigación operativa, diseño de redes, etc. La herramienta *Rutas* permite almacenar, manipular, analizar y desplegar visualmente en un mapa la información geográficamente introducida. El objetivo es poder desarrollar el cálculo de rutas y su gestión, con las aplicaciones de localización de clientes, centros de tránsito y almacenes, cálculo y gestión de distancias, calculo y reducción de tiempos y costes de transporte, con las cuales lograron resolver problemas relacionados con la Teoría de Grafos y obtener la información necesaria para la localización de los clientes y la distancia entre ellos (*Rutas*) y los resultados que han facilitado la obtención de la ruta óptima (*Grafos*).

- Con este antecedente, pudimos observar que nuestro análisis si aplicaría con los métodos sugeridos, ya que sería de cierto una versión manual del software “Grafos y Rutas” realizado por los métodos de Kruskal y Dijkstra, pero que cumplen con el mismo fin. Más aún nuestro trabajo refiere también las aplicaciones de cálculos, gestión de distancias y reducción de costos, para así encontrar la mejor ruta y que logre minimizar distancias y maximizar ingresos.

3. DESCRIPCIÓN DEL MODELO

La distribuidora JYB cuenta con una exclusiva fuerza de ventas, quienes ofrecen únicamente productos de la marca Procter & Gamble. Cada fuerza de ventas cuenta con un supervisor, a quienes se les asigna zonas

de Lima para realizar sus ventas. Ellos a su vez asignan partes de esta zona a sus vendedores de tal manera que cada uno de ellos pueda cumplir con la cuota de venta asignada y poder coberturar la mayor cantidad de puntos posibles.

Actualmente la fuerza exclusiva de ventas, llamada también fuerza de ventas A, cuenta con tres supervisores. Para efectos de este modelo analizaremos una de las zonas, la que genera mayor utilidad, asignada al supervisor A01 y son Sta. Clara, Huaycán y la carretera central. En total, dentro de esta zona, se tienen 200 bodegas (puntos de venta), se cuenta con 10 vendedores y a cada vendedor se le asigna 20 puntos de venta diarios para ser cubiertos a lo largo del día. Sabiendo que en los dos últimos meses, el 75% de los vendedores no ha llegado a su cuota de ventas, se decidió realizar este análisis. Se identificaron las causas y fueron las siguientes:

- El 90% de ellos no llegaban a todos los puntos de venta, pues no cuentan con una ruta establecida que les indique qué bodega elegir para seguir con su ruta de ventas.
- El 30% de los dueños de las bodegas, quienes realizan la compra de los productos, no se encuentran en la bodega a partir de las 3.30pm. Por lo que no pueden completar la venta en dichos puntos.
- La hora de inicio de trabajo de los vendedores es 8.30AM, lo que no permite llegar a todos los puntos de venta en un día.

En base a lo analizado, es necesario determinar la ruta óptima del vendedor para que pueda ser más productivo a lo largo del día y así cumplir con su cuota como vendedor. Para realizar el análisis, mantendremos la delimitación por zonas que le corresponde a cada vendedor previamente diseñada por la distribuidora. Esto no se ha podido modificar, pues la cartera de clientes por zona está diseñada de tal manera que tenga 30% clientes pequeños, 40% clientes medianos y el otro 30% clientes grandes. También tendremos en cuenta lo siguiente para poder correr el modelo:

- El tiempo promedio por visita de cada vendedor a cada bodega varía de 15 - 20 minutos, por lo que este tiempo será el que consideraremos. El tiempo de caminata entre bodega y bodega será como máximo 10 minutos, pues al optimizar el ruteo se toma en cuenta la distancia entre puntos de venta.
- El punto de inicio será el punto 1, pues es la bodega por la que siempre se inicia el recorrido y no es muy accionable cambiarle la mentalidad a los vendedores. Así mismo, el punto final, será el punto 20 que representa a la última bodega a la que visita. Esto lo sabemos pues así nos proporcionaron los datos y es la forma de trabajo de los vendedores.
- Los recorridos de estos vendedores en una zona, son hechos peatonalmente debido a que se movilizan dentro de la misma zona, en un día de 8 horas laborales. El hecho de ser una tarea peatonal, hace más confiable nuestro análisis ya que factores como el tráfico, problemas en las pistas vehiculares, inspecciones vehiculares, etc. no interfieren en el camino recorrido y por lo tanto no afectan nuestra evaluación.
- Se implementará una mecánica de incentivos a los vendedores por llegar a todos los puntos de venta, haciendo uso de los resultados obtenidos de este modelo. Este incentivo solo se recibirá, si los vendedores empiezan su día a las 7AM, así aseguramos que el 95% de ellos encuentren a los dueños de las bodegas y realizar la venta de manera exitosa.

La siguiente tabla muestra un promedio de los últimos 3 meses de ventas realizadas por el vendedor en la zona 3 en el recorrido diario a las bodegas, así mismo la dirección respectiva de cada una, con datos de longitud y latitud (X,Y) del sistema de coordenadas global. Estos datos fueron obtenidos de P&G y los que han permitido obtener las ubicaciones de los puntos de ventas. Asimismo contamos con esta tabla para las 9 zonas restantes.

Tabla 1: Tabla de Datos del Vendedor Zona 3

NODO	LONGITUD (X)	LATITUD (Y)	VENTAS POR VISITA	DIRECCION
1	-12.080774999999999	-77.1034140	48.23377125	AV ALFONSO UGARTE MZ A LT 16 URB.MANYLSA
2	-12.080145999999999	-77.1030769	22.02182225	MZ N LY 19 URB MANYLSA
3	-12.07954	-77.1033350	32.9502545	AV.PEÑEL MZ.Ñ LOTE 2 COLCA
4	-12.080564000000001	-77.0981380	28.49307225	AV.NUEVA TOLEDO 113 CIENEGUILLA
5	-12.078785999999999	-77.093733	64.41419525	HUAYCAN MZ. A LT. 3 KM. 29 1/2
6	-12.080736	-77.088009	94.61724575	MCDO. FORTUNA PTO.3 JICAMARCA
7	-12.081685	-77.0767120	54.9091525	GRUPO8 MZ: A LT.16 HUASCAR
8	-12.079347	-77.0544170	39.24584775	MZ.B LT.1 6 DE DICIEMBRE
9	-12.081512999999999	-77.0532829	55.13201325	MZ.50 LT.16 GRUPO 6 SEC.A
10	-12.081427	-77.0521619	167.6542375	MZ F LT 214 SOL Y CAMPO
11	-12.078998	-77.0502100	99.1858055	MCDO.JHON LYON PTO.A-04
12	-12.080323	-77.0399709	54.74042375	MZ.L1 LT.20 ASOC LAS ARENAS DE HUAYCAN SECTOR 9
13	-12.080346	-77.0248229	62.5942805	PSJE. GARCILASO DE LA VEGA 556 URB.INDEP.
14	-12.081013	-77.0234750	5.1252965	UCV.27 LT.11 ZONA B HUAYCAN
15	-12.081391	-77.0229199	116.7856988	MZ D LT 21 C.POBLADO TARVO VIEJO
16	-12.078734000000001	-77.0227969	5.3771185	JR STA CRUZ 210
17	-12.078756	-77.0236199	26.80016925	AV. ANDRES A. CACERES MZ. B LT. 14
18	-12.08159	-77.0168330	131.6779453	MCDO.15 DE JUNIO PTO.5 ZONA A HUAYCAN
19	-12.079801	-77.0135580	378.7468433	MCDO.JHON LAYLLON PTO.A7
20	-12.078703000000001	-77.0134500	29.387967	MZ 27 LT 15 GRUP 8 HUASCAR

El análisis va a consistir en analizar, por un lado la distancia que se recorre de punto a punto y por otro lado la cantidad de utilidades que genera cada punto de venta. A continuación describiremos el procedimiento hecho para cada zona según los dos escenarios.

En cuanto a las distancias entre los puntos de venta, haremos uso de Pitágoras con los datos de la latitud y longitud dados para así sacar las distancias entre cada nodo. Podemos usar Pitágoras para encontrar la distancia, ya que como se trata de rutas peatonales como fue mencionado antes en la explicación, no afecta nuestro modelo por la variedad de caminos que pueden tomarse peatonalmente. A todos los datos de distancias obtenidas se multiplico por una constante (10^4) para facilitar los cálculos ya que son unidades muy pequeñas debido a su cercanía globalmente hablando según el sistema de coordenadas.

Tabla 2: Tabla de Distancias del Vendedor Zona 3

de nodo i:	a nodo j:	diferencia x	diferencia y	distancia
1	2	0.000629	0.000337	7.14
1	3	0.001235	7.9E-05	12.38
1	4	0.000211	0.005276	52.8
2	3	0.000418	0.004939	6.59
2	8	0.00136	0.009344	486.67
2	9	0.001196	0.015068	498.13
3	4	0.002145	0.026365	52.97
3	7	0.000193	0.04866	267.09
3	8	0.001973	0.049794	489.19
4	5	0.001887	0.050915	47.5
4	6	0.000542	0.052867	101.36
5	6	0.000783	0.063106	60.47
5	13	0.000806	0.078254	689.28
6	7	0.000949	0.011297	113.37
6	12	0.000413	0.048038	480.4
6	13	0.001362	0.036741	631.87
7	8	0.000172	0.023429	224.17
7	12	0.000258	0.02455	245.9
8	9	0.002687	0.026502	24.45
8	10	0.001362	0.036741	30.68
8	11	0.001339	0.051889	42.21
9	10	0.000672	0.053237	11.24
10	11	0.000294	0.053792	31.16
10	16	0.002951	0.053915	45.60
11	12	0.001325	0.010239	103.24
11	15	0.001348	0.025387	273.95
11	16	0.002015	0.026735	39.80
12	13	0.002393	0.02729	576.80
12	14	0.000264	0.027413	165.10
13	14	0.002015	0.026735	15.04
14	15	0.002393	0.02729	6.71
14	18	0.000264	0.027413	66.67
14	19	0.000242	0.02659	99.91
15	16	0.002592	0.033377	10.80
15	18	0.000199	0.006087	60.90
16	17	0.00159	0.009362	8.23
17	18	0.002688	0.00947	73.55
17	20	5.3E-05	0.01017	101.30
18	20	0.002887	0.003383	44.47
18	19	0.001789	0.003275	34.72
19	20	0.001098	0.000108	11.03

Los datos obtenidos de distancias son los que servirán para determinar los puntos que conforman la ruta óptima y de esta manera el vendedor sepa por donde ir y qué camino es el más óptimo. Esta ruta se obtiene mediante Kruskal y es la que se presenta en el grafo anexoado “ZONA VENDEDOR 3 (DISTANCIAS)”

Por otro lado, para seguir con el análisis, se decidió hacer uso de una constante M (grande) , a la cual se le restaron los datos de ingresos por ventas. Y estos nuevos datos obtenidos, escritos en el segundo grafo, representan el costo de ir de un punto de venta a otro. De esta manera, la ruta obtenida que está compuesta por

7 puntos es la que genera menor costo, es decir mayor utilidad. Teniendo en cuenta el tiempo invertido en esta ruta, se adicionarán otros 8 puntos para poder asegurar por lo menos la visita a 15 puntos de venta.

La siguiente tabla muestra el costo de llegar a cada nodo:

Tabla 3: Tabla de Datos del Vendedor Zona 3

NODO	COSTO DE LLEGAR AL NODO
1	330.51
2	356.73
3	345.80
4	350.25
5	314.33
6	284.13
7	323.84
8	339.50
9	323.61
10	211.09
11	279.56
12	324.01
13	316.15
14	373.62
15	261.96
16	373.37
17	351.95
18	247.07
19	-
20	349.36

Como podemos observar, en esta zona de vendedor , utilizamos como M, el valor más alto de ingresos por ventas, el cual correspondía al nodo 19, en el Mercado Jhon Layllon, Puesto A7 con ventas por visita de S/. 378.75. es por este motivo que el costo de llegar a este nodo es equivalente a S/0.

Se muestra el resultado obtenido al resolver el problema a través de Dijkstra. Este algoritmo muestra la ruta de menor costo, respondiendo a lo que estamos buscando.

Se ha realizado el mismo análisis para las 9 zonas de los vendedores restantes. Los procedimientos de las rutas óptimas halladas por distancia y ventas por visita de cada zona se encuentran en los anexos adjuntos.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Distancias:

Utilizando el método de Kruskal, hemos encontrado la ruta más corta para poder llegar a todos los puntos de venta planeados por visita, reduciendo así la distancia total recorrida por cada vendedor en las 10 zonas. De manera que desde ahora en adelante, el vendedor en cada zona pueda tener una ruta planificada y optimice su recorrido y tiempo.

La distancia mínima recorrida hallada por zona será detallada en la siguiente tabla y el procedimiento del camino óptimo propuesto a seguir, como fue explicado en la descripción del modelo, se encuentra adjunto en el anexo con título ZONA VENDEDOR i (DISTANCIAS) para cada zona i.

Ventas:

En caso, intervengan los factores externos antes mencionados y/o situaciones extraordinarias, hallamos la ruta prioritaria que un vendedor por zona debe recorrer para maximizar sus ventas, y por lo tanto las de la compañía, dentro de los factores limitantes en lo que se encuentre.

Analizando los resultados del diagrama de nodos de minimizar “M-Ventas por Visita”, podemos concluir que la ruta obtenida es la que genera mayores ventas e ingresos para los vendedores. Esta sería la ruta que debe de elegir si o si en caso no tenga el tiempo suficiente para realizar el recorrido diario.

Por otro lado tenemos las tiendas cercanas a esta ruta elegida principal de maximizar ventas, que optimizarían también los niveles de venta. De manera que si debe elegirse a que puntos de venta llegar, sería la ruta principal halladas más las aledañas mostradas, dependiendo de los factores limitantes de la situación dada.

Tabla 4: Tabla de Datos del Vendedor Zona 3

	DISTANCIA	VENTAS		
	Distancia Recorrida	Ruta	Puntos extras de venta	Monto Ruta (S/.)
Zona Vendedor 1	976.4	1-2-8-10-20	3, 4, 6, 9,11, 14,17	228.18
Zona Vendedor 2	654.46	1-2-7-10-20	3, 6, 8, 11, 14, 16, 17	319.46
Zona Vendedor 3	2725.62	1-4-6-13-14-19-20	3,5,12,15,18	647.21
Zona Vendedor 4	868.03	1-2-5-10-15-19-20	4,3,6,11,12,16	840.9
Zona Vendedor 5	1857.78	1-2-6-14-15-20	3,4,5,8,9,12, 13,18,19	517.02
Zona Vendedor 6	164.81	1-3-7-11-15-20	2,4,6,9,10,12,16,19	288.11
Zona Vendedor 7	198.97	1-2-5-10-16-20	3,4,6,11,14,19	389.68
Zona Vendedor 8	184.74	1-2-5-10-15-20	3,4,6,7,11,12,16,18,19	244.65
Zona Vendedor 9	205.02	1-4-9-13-19-20	3,5,8,12,14,16,17,18	219.98
Zona Vendedor 10	156.68	1-4-8-13-16-20	2,3,7,11,12,14,17,18	130.16

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En conclusión podemos observar que el método de dijkstra adaptado a nuestro caso que utilizamos, se adecuó convenientemente y dio resultados positivos al brindar como resultados los puntos de ventas con más ingresos generados y a los cuales no se deben dejar de ir en caso hayan factores externos que intervengan, como por ejemplo que hayan menos vendedores y cada vendedor tenga que cubrir parcialmente dos zonas, o que por cuestión de tiempo no se pueda recorrer toda la zona ya que se asignan otras tareas, etc. Esta información la consideramos valiosa para cada vendedor, al igual que para la empresa ya que te guía en casos de emergencia o en casos restringidos en los cuales no se podrá abarcar todos los puntos. Cada una de las 10 zonas, tiene una ruta de los clientes de mayores ventas al igual que brinda una mejor noción en general de los mejores clientes con las mejores ventas cercanas también a esa ruta óptima. Más aún, el método de kruskal aplicado también para cada zona, opinamos que es de gran uso y beneficio ya que se puede observar claramente la mejor ruta para abarcar todos los clientes de cartera.

Con los resultados obtenidos, podemos asegurar que los vendedores llegarán a todos los puntos de venta e incluso pueden tomarse más tiempo para lograr que las bodegas hagan más compras. Esto inclusive generará más ventas y así mejorar la eficiencia del vendedor. Respecto a las distancias recorridas, estas se han reducido en promedio 15% por vendedor, ya que el vendedor no va a estar en la necesidad de estar caminando sin tener un plan establecido.

Sin embargo, a pesar de que los métodos seleccionados nos dan información detallada por cada zona de un vendedor y los resultados obtenidos muestran una mejora significativa respecto al sistema actual, creemos que tal vez una programación lineal por metas podría haber abarcado ambos objetivos en un mismo problema, en vez de estar utilizando los métodos de Kruskal y Dijkstra para cada uno por separado. De manera que el problema lo hubiéramos plantado por zona, o por toda el área de un supervisor, con un programa lineal por

metas más extenso. De esta manera hubiéramos contado con dos metas principales de manera que se minimicen las distancias recorridas por cartera de clientes y al mismo tiempo se maximicen las ventas.

Otra observación es que hemos asumido factores como tiempos promedios de atención, lo cual afecta de cierta manera la precisión del modelo. Asimismo hemos utilizado zonas definidas de 20 puntos de clientes por zona constantes, pero este aspecto podríamos redefinirlo al ser zonas contiguas, en algunos casos se podría redefinir la zona de manera que algunas abarquen más puntos y otras menos, ya que quizás debido a la cercanía y distribución de las mismas podrían ser cubiertas mejor redistribuyéndolas.

6. REFERENCIAS

- http://en.wikipedia.org/wiki/Dijkstra's_algorithm 10/09/12
- Fuente interna de empresa de bienes de consumo masivo