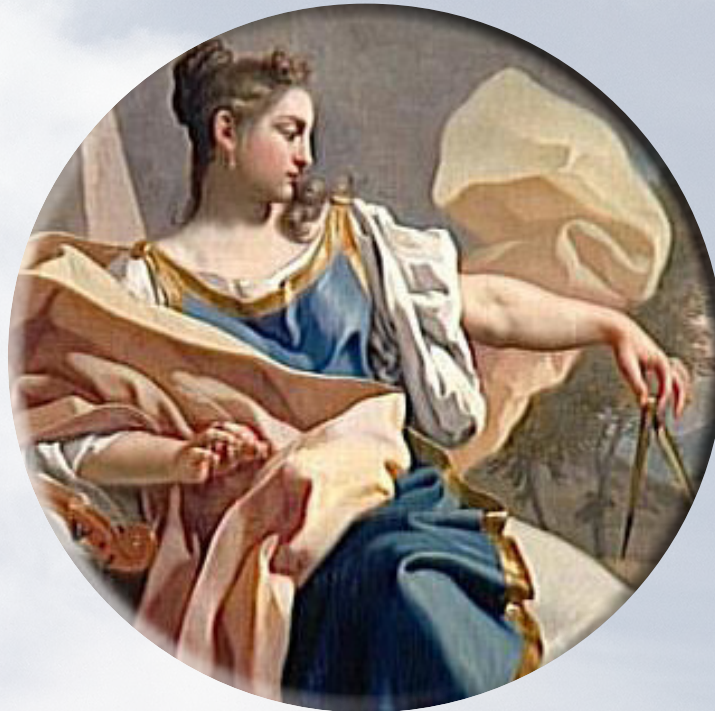


Optimización matemática de procesos y recursos en una microempresa mediante investigación de operaciones



SANDRA VERÓNICA VALLE CORREA
Universidad Abierta y a Distancia de México

MARÍA PATRICIA DE LARA GALLEGOS
Lavandería “La piedra del río”

CARLOS ALBERTO SERRATO HERNÁNDEZ
Universidad Abierta y a Distancia de México

EDGAR DAVID GAYTÁN ALFARO
Unidad Académica de Economía
Universidad Autónoma de Zacatecas
“Francisco García Salinas”

MARLENE HERNÁNDEZ ORTIZ
Unidad Académica de Economía
Universidad Autónoma de Zacatecas
“Francisco García Salinas”

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es mejorar el rendimiento de una microempresa que en este caso es una lavandería, llamada La Piedra del Río, situada en la Ciudad de México. La característica principal de las lavanderías es brindar un servicio de lavado de ropa. Además de ser competitivas en el mercado, presentan la responsabilidad de cumplir cabalmente con las obligaciones sociales y de medio ambiente. Para cumplir dicho objetivo es necesario aplicar herramientas matemáticas: programación lineal y redes de investigación de operaciones. Los resultados obtenidos comprueban que los procesos sugeridos generan más ganancias y la inversión de recursos es menor; además se optimizan las rutas de entrega al cliente. Este proyecto direcciona a la empresa a una mayor solidez y solvencia en su ramo, para que sea capaz de competir en el mercado nacional.

Palabras Clave: Investigación de Operaciones, Procesos y Recursos, Lavandería.

INTRODUCCIÓN

El servicio que ofrece una lavandería a cualquier persona es llamado “servicio de ropa”. Este servicio es importante en cualquier institución de servicio que maneje ropa (hoteles, hospitales, etc.) o cuente con un departamento de blancos (restaurantes o servicios de banquetes), sin importar el tamaño de la misma (De la Cabada E. 2001). Es muy importante que este servicio brinde los más altos niveles de calidad, ya que un descuido puede traer serias consecuencias, tanto en el manejo de la maquinaria como de los textiles. Además, el servicio de una lavandería desempeña un papel importante dentro de cualquier hogar. El vestir es una de las necesidades básicas del hombre; por lo tanto, se le debe proporcionar el mayor cuidado a cada una de las prendas. Deben entregarse impecables, ya que son la imagen de la persona y de cualquier empresa.

De acuerdo con la Cámara Nacional de la Industria de las Lavanderías (CANALAVA), este sector registra un crecimiento sostenido, principalmente por la apertura de lavanderías automáticas que responden al aumento de la demanda. Según el INEGI Censos económicos 2014, en el País existen 30,805 establecimientos dedicados a la lavandería y tintorería. La Ciudad de México es una de las entidades con mayor cantidad de lavanderías y tintorerías ya que representa el 18.6% del total de dichos establecimientos (INEGI 2014).

Según Javier Gijón Cortés, presidente de CANALAVA en una entrevista realizada por el periódico el Financiero (mayo del 2014), señaló que “otro problema al que hoy enfrentan los empresarios de este giro, es que en los últimos años han proliferado los negocios informales de lavandería y planchaduría que están abaratando los precios en la prestación de esos servicios”. En promedio, en la ciudad de México o en la zona centro del país, una lavandería cobra por una carga de 3 kilos de ropa 54 pesos (18 pesos por kilo) y para estar en un punto de equilibrio el costo por este trabajo debería ser de 69.70 pesos. Esa situación ha ocasionado que las empresas no cuenten con capital para poder modernizar su maquinaria y ofrecer un servicio de mayor calidad (Becerril I. 2014).

La lavandería “La piedra del río” presenta una pérdida de tiempo en la entrega y recepción de ropa.

Además, las alzas excesivas en los insumos, principalmente luz (tres aumentos en tan solo 4 meses) y agua (aumentó aproximadamente el doble), provoca que las ganancias del negocio sean cada vez menos. Por lo tanto, en la lavandería se necesita optimizar los procesos y los tiempos de entrega que permitan sacar la carga de trabajo así como obtener un incremento en las ganancias.

Este proyecto busca ofrecer estrategias que permitan optimizar los procesos y recursos por medio de la investigación de operaciones. Se medirá el desempeño a través del cálculo del porcentaje de cumplimiento de ventas de los años 2015 y 2016; se minimizarán los insumos y maximizarán las ventas por medio de una programación lineal (J. Alvarado Boirivant, 2009). Como trabajo complementario, se requiere recortar los tiempos de entrega, por medio de la ruta más corta utilizando el método de Dijkstra (Hermogenes, 2009). Finalmente, se volverá a medir el desempeño de la lavandería calculando el porcentaje de cumplimiento de las ventas del cuatrimestre de mayo a agosto del año 2016 y 2017. La meta es incrementar el margen de ingresos de manera responsable y proactiva, con la idea de mejorar las ventas y los ingresos de la lavandería y al mismo tiempo que se proporciona al consumidor un servicio de buena calidad.

METODOLOGÍA

1. Se medirá el desempeño de la Lavandería “la Piedra del río” calculando el porcentaje de decrecimiento/crecimiento de los años 2015 y 2016.

La forma en cómo se llevó a cabo fue recabando la información de los años 2014, 2015 y 2016 esto es, llenar en Excel una base de datos que contenga la información diaria de las ventas obtenidas, para poder hacer un resumen mensual y anual.

2. Minimizar los gastos de insumos y maximizar las ventas, por medio de la investigación de operaciones.

Para darle solución a las siguientes preguntas ¿Cuántos kilos de lavado y cuantos kilos de secado sería el ideal recibir para minimizar los insumos? y ¿Cuál es el costo mínimo? se utiliza el método de programación lineal () para minimizar los insumos

y maximizar las ventas a partir de un conjunto de variables de decisión, respetando restricciones correspondientes a disponibilidad de recursos, especificaciones técnicas, u otras condicionantes que

limiten la libertad de elección. Cuyos parámetros obtenidos de la lavandería ayudarán a optimizar los procesos y recursos planteados. Tales parámetros se ven reflejados en la Tabla 1 y 2.

Tabla 1. Procesos de ropa delicada o poco sucia y pesada o muy sucia

	Lavado	Secado	Disponible
Delicada/ Poco sucia	35 min	20 min	300kg
Pesada/ muy sucia	45 min	60 min	456 kg
Precio kg	\$ 2.59	\$ 1.53	

Tabla 2. Servicios que se ofrecen en La piedra del río

Servicios	Lavado (x)	Secado (y)	Costo/kg
Autoservicio (A)	45 min	30 min	\$16.00
Por encargo (B)	30 min	60 min	\$20.00

Gracias a estos parámetros se plantearon matemáticamente las ecuaciones correspondientes de programación.

La función objetivo a minimizar gastos de procesos es:

Cuyas variables de decisión son:

$$Z_{\min} = \$2.59x_1 + \$1.53x_2 \dots \text{ecuación(1)}$$

Restricciones:

$$\begin{aligned} x_1 &= \text{cantidad de kg a lavar} \\ x_2 &= \text{cantidad de kg a secar} \end{aligned}$$

Con:

$$x_1, x_2 \geq 0$$

En las restricciones se emplearon las desigualdades de mayor o igual porque se considera que al menos se recibirán los 756 kg. que se lavarían en al menos 10 h. para ropa delicada o ropa poco sucia y un tiempo de al menos 16 h. para ropa pesada o muy sucia, y se espera que cada mes se reciba más ropa.

Por otro lado, la función objetivo a maximizar utilidades de servicios es:

$$Z_{\max} = \$16x_1 + \$20x_2 \dots \text{ecuación (4)}$$

Cuyas variables de decisión son:

$$\begin{aligned} x_1 &= \text{cantidad de servicios A} \\ x_2 &= \text{cantidad de servicios B} \end{aligned}$$

Restricciones:

$$45x_1 + 30x_2 \leq 2,880 \text{ min(48 hrs)} \dots \text{ecuación (5)}$$

$$30x_1 + 60x_2 \leq 2,880 \text{ min(48 hrs)} \dots \text{ecuación (6)}$$

Con:

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Con esta información y en ambos problemas se aplicó el software PHPSimplex para obtener los valores de las variables que optimizaron las funciones objetivo (www.phpsimplex.com).

3. Minimizar los tiempos de entrega, por medio de la ruta más corta aplicando el método de Dijkstra.

Para recortar los tiempos de entrega se generó una pequeña base de datos en Excel con los datos de los clientes, sus nombres y el tiempo promedio del recorrido de la lavandería a sus domicilios si es necesario. En este proyecto solo se tomaron en cuenta las

direcciones y tiempos de los clientes más frecuentes ya que el número de clientes es muy variado y no es constante. En la Figura 1, se muestra el algoritmo

de Dijkstra, donde las aristas son los recorridos, los valores representan el tiempo promedio en minutos y los nodos son los clientes.

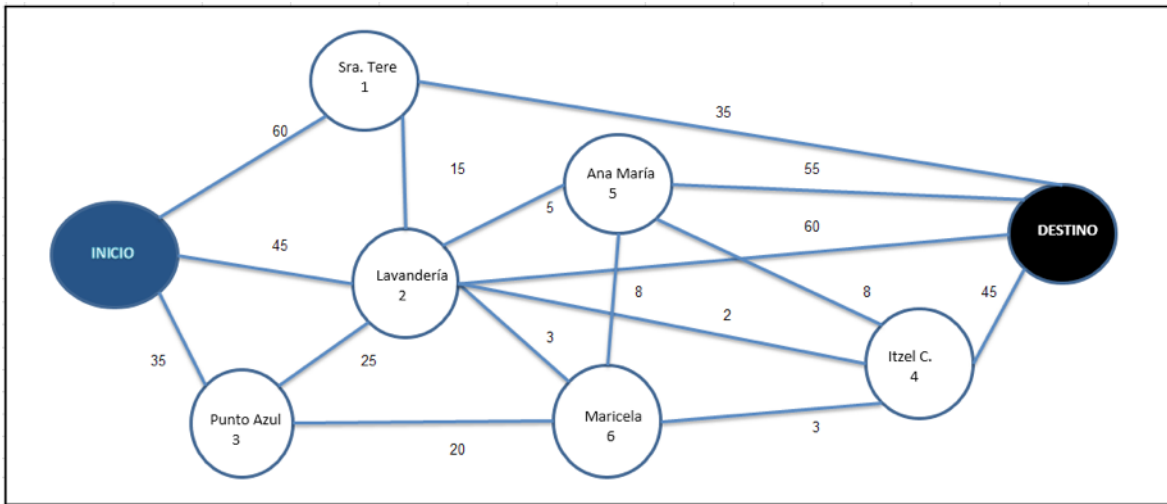


Figura 1. Algoritmo de Dijkstra que representa los clientes y las rutas.

4. Se medirá el desempeño de la Lavandería la Piedra del río, considerando la aplicación de los resultados que se obtengan de la optimización en todos los casos, mediante el cálculo del porcentaje de crecimiento/decrecimiento de los meses de mayo, junio, julio y agosto para analizar si se alcanzaron los objetivos del presente trabajo.

Finalmente, se registra en Excel las ventas obtenidas en los meses de mayo, junio, julio y agosto del año en curso para medir el desempeño de La piedra del río y compararlo con los mismos meses del año 2016. Así, obtener el porcentaje de dicho cuatrimestre para determinar si hubo un crecimiento o no en las ventas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para medir el desempeño de La piedra del río, y en base a la información recabada (ver Tabla 3), se calculó el porcentaje de cumplimiento en ventas comparando los ingresos anuales de los años 2015 y 2016 puesto que se tomó periodos iguales de tiempos iguales, no se tomó en cuenta las ventas del año 2014 porque la actividad comenzó a recibir ingresos a partir del mes de mayo.

Para el 2015 se registró un ingreso anual de ventas de \$226,725.00 y para el 2016 fue \$234,209.50.

$$\left(\frac{\text{año 2016}}{\text{año 2015}} - 1\right) \times 100\% = \left(\frac{\$234,209.50}{\$226,725.00} - 1\right) \times 100\% = 3.3011\%$$

Al comparar las ventas de la Lavandería en el año 2015 contra las ventas 2016, se obtuvo un porcentaje de crecimiento del 3.3%. Esto ayudó a valorar la tendencia de La piedra del río (ver Figura 2).

Tabla 3. Acumulado de Ventas 2014 al 2016

MES	Años		
	2014	2015	2016
ENERO		\$ 17,475.50	\$ 18,472.50
FEBRERO		\$ 14,399.00	\$ 19,482.00
MARZO		\$ 19,410.50	\$ 19,166.00
ABRIL		\$ 16,867.00	\$ 21,848.50
MAYO	\$ 867.00	\$ 18,994.50	\$ 15,242.00
JUNIO	\$ 3,987.00	\$ 21,246.50	\$ 17,352.50
JULIO	\$ 4,325.00	\$ 18,619.00	\$ 16,364.00
AGOSTO	\$ 4,699.00	\$ 22,918.00	\$ 15,118.50
SEPTIEMBRE	\$ 8,378.00	\$ 18,569.50	\$ 23,676.50
OCTUBRE	\$ 7,283.00	\$ 14,425.00	\$ 21,915.00
NOVIEMBRE	\$ 9,701.00	\$ 19,190.00	\$ 19,564.50
DICIEMBRE	\$ 21,185.00	\$ 24,610.50	\$ 26,007.50
TOTAL	\$ 60,425.00	\$ 226,725.00	\$ 234,209.50

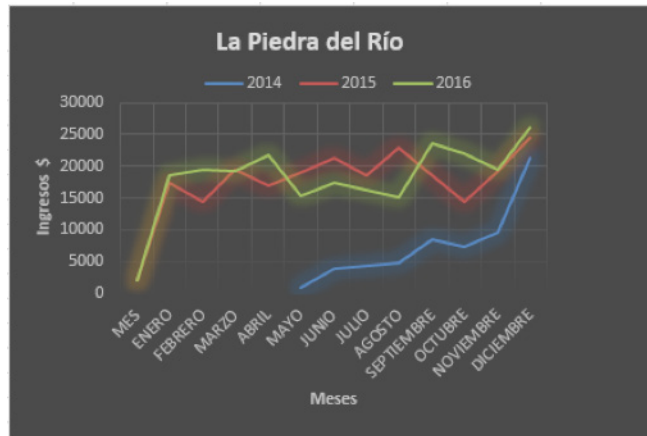


Figura 2. Representación gráfica de los ingresos mensuales obtenidos en los años 2014, 2015 y 2016, de la lavandería La piedra del río.

Se empleó la Programación lineal para reducir al mínimo los insumos, a través del software PHP simplex (Izquierdo Granja D. 2017) y usando el método gráfico bajo las restricciones proporcionadas

(Ver ecuaciones 2 y 3) se obtuvieron los valores de las variables que optimizaron la función objetivo (ver Figura 3).

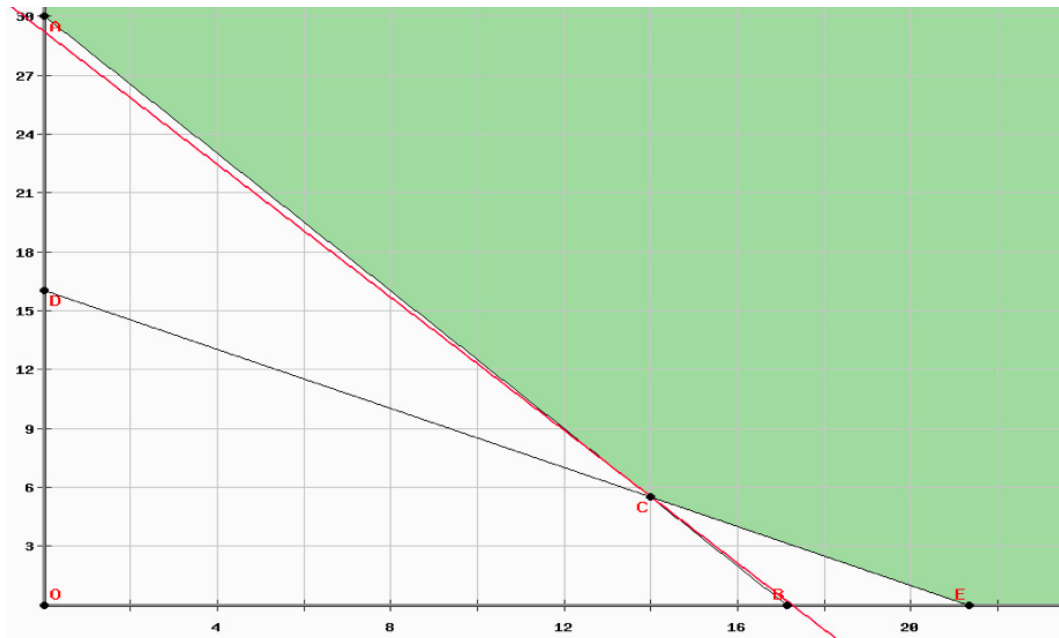


Figura 3. Solución con el método gráfico del problema de minimización de insumos de La piedra del río.

Donde se encontró que el problema no está acotado, pero como se trataba de un problema de minimización fue posible encontrar una solución y se deben lavar 14 kg. de ropa y secar 5.5 kg. para tener un costo mínimo de \$44.73.

El resultado obtenido de la maximización de las ventas cuando se aplicó el software PHP simplex (ver Figura 4), para obtener los valores de las variables

que optimizaron la función objetivo (ecuación 4) fue que bajo las restricciones proporcionadas (ver ecuaciones 5 y 6) se puede adquirir un ingreso máximo semanal de \$1, 248.00, si se realizan 48 servicios tipo A (autoservicio) y 24 servicios por encargo. Tomando en cuenta que la lavandería cuenta con 4 equipos completos, entonces el ingreso semanal será de \$4,992.00 y el Ingreso mensual de \$ 19,968.00.

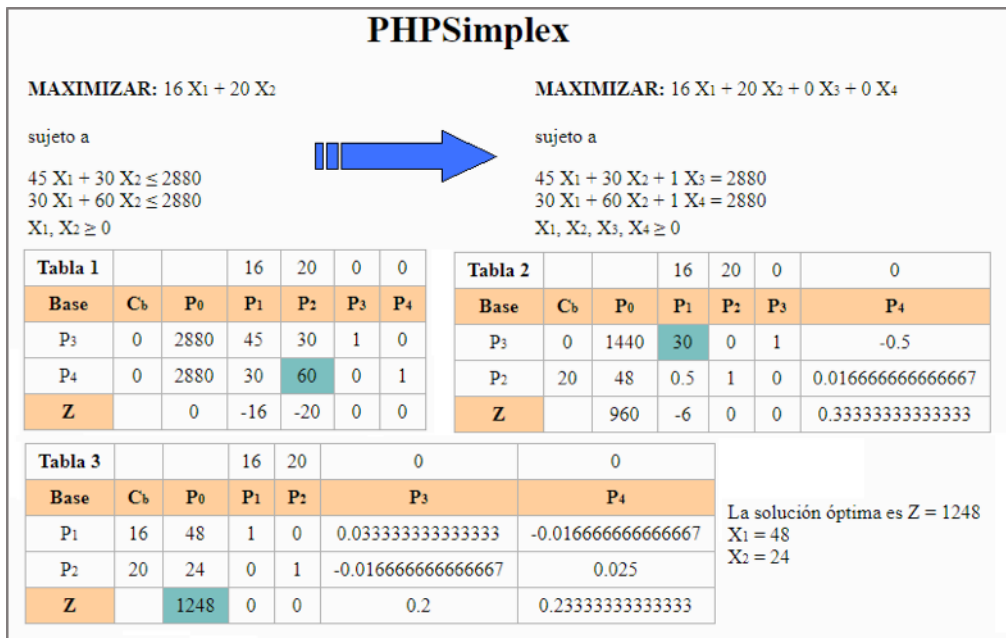


Figura 4. Solución con el método simplex del problema de maximización de las ventas de La piedra del río.

Por otro lado, al aplicar el método de Dijkstra para recortar los tiempos de entrega, se generó como resultado la Tabla 4, donde se aprecian los recorridos más cortos de cada cliente. Se observa que la ruta más corta entre el nodo de inicio y el nodo destino

fue: inicio-lavandería-Itzel-destino, con un tiempo de 92 min. Gráficamente todo esto se ve plasmado en el grafo de la Figura 5 con su ruta mínima representada por las aristas de color rojo.

# Cliente	Nombre	Final	Temporal
INICIO	Casa	0	0
Cliente 1	Sra. Tere	60	60
Cliente 2	Lavandería	45	45
Cliente 3	Pto. Azul	35	35
Cliente 4	Itzel C.	47	47
Cliente 5	Ana María	50	50
Cliente 6	Maricela	48	48
DESTINO	Casa	92	92

Tabla 4. Rutas más cortas del servicio de entrega de la lavandería La Piedra del río, obtenidas con el método de Dijkstra.

Cabe mencionar que se usó un grafo ponderado no dirigido ya que son distancias (ver Figura 5), además se forma una red cíclica por eso se aplicó el al-

goritmo de Dijkstra la cual también encuentra la ruta más corta entre todos los nodos (clientes).

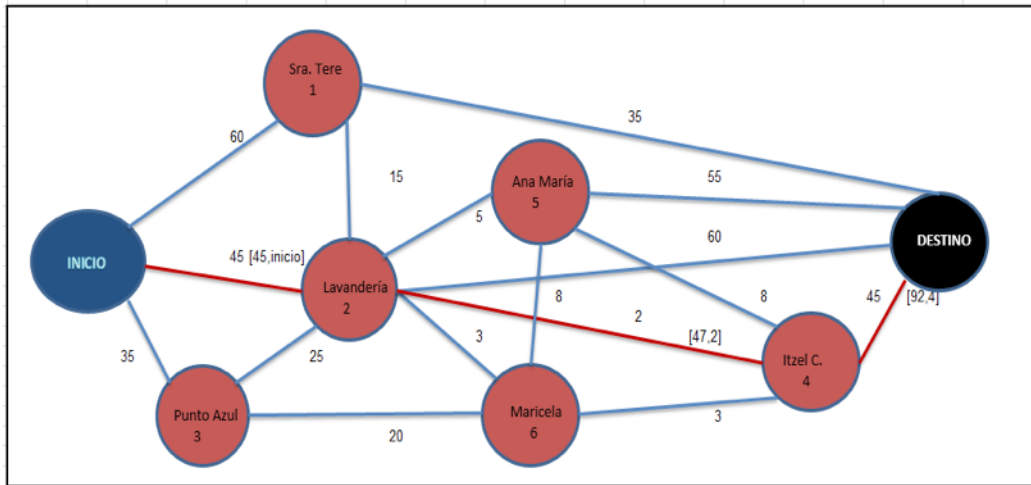


Figura 5. Algoritmo de Dijkstra que representa la solución de la ruta más corta de la lavandería a los lugares de entrega.

Finalmente, para medir el desempeño de La piedra del río, y en base a la información recabada (ver Tabla 5), se calculó el porcentaje de cumplimiento en

ventas comparando los ingresos mensuales de mayo a agosto los años 2016 y 2017 puesto que se tomó periodos iguales de tiempos iguales.

MES	Años	
	2016	2017
MAYO	\$ 15,242.00	\$ 25,451.00
JUNIO	\$ 17,352.50	\$ 15,910.00
JULIO	\$ 16,364.00	\$ 26,203.00
AGOSTO	\$ 15,118.50	\$ 21,087.00
SUMA	\$ 64,077.00	\$ 88,651.00

Tabla 5. Ventas de los meses de mayo a Agosto del 2016 y 2017.

El porcentaje de crecimiento cuatrimestral de dichos meses que se obtuvo en el 2016 fue un ingreso cuatrimestral de ventas de \$64,077.00 y para el 2017 fue \$88,651.00.

$$\left(\frac{\text{cuatrimestre del año 2017}}{\text{cuatrimestre del año 2016}} - 1\right) \times 100\% = \left(\frac{\$88,651.00}{\$64,077.00} - 1\right) \times 100\% = 38.35\%$$

Al comparar las ventas de la Lavandería en el cuatrimestre que corre de mayo a agosto del año 2016 contra las ventas del mismo cuatrimestre del año 2017, se obtuvo un porcentaje de crecimiento del 38.3%.

En base a los resultados obtenidos se puede apreciar que después de aplicar las dos herramientas matemáticas de la investigación de operaciones (programación lineal y algoritmo de Dijkstra) se logró obtener satisfactoriamente los valores que minimizaron los costos y maximizaron las ventas. Además, no

solo se logró encontrar la ruta más corta, sino que se pudieron determinar las rutas más cortas entre los demás clientes. Por lo tanto, esto se comprueba mediante el cálculo del porcentaje de crecimiento de las ventas en el periodo propuesto.

CONCLUSIONES

El proyecto a conseguir era mejorar el rendimiento de la lavandería “La Piedra del río” optimizando matemáticamente los procesos y recursos por medio de la programación lineal y como trabajo complementario recortar los tiempos de entrega a través del empleo del algoritmo de Dijkstra. El cual se ha logrado realizar completamente y cuyos resultados obtenidos fueron satisfactorios ya que al realizar la metodología propuesta se obtuvieron los siguientes resultados:

Se midió el desempeño de las ventas calculando el porcentaje de decrecimiento/crecimiento de los años 2015 y 2016 y se observó que el porcentaje fue de un crecimiento de apenas el 3.3%.

Con la programación lineal y usando el método gráfico para reducir al mínimo los insumos, se obtuvo como resultado que el problema no estaba acotado, pero por tratarse de un problema de minimización fue posible encontrar una posible solución la cual decía que se deben lavar 14kg. de ropa y secar 5.5kg. para tener un costo mínimo de \$44.73. También se logró maximizar las ventas con el método simplex y para las cuales se deben lavar 48 servicios tipo A (Autoservicio) y 24 servicios tipo B (por encargo) para obtener una ganancia semanal de \$4,992.00 y un ingreso mensual de \$19,968.00.

Por otro lado, con el método Dijkstra se logró obtener no sólo la ruta más corta del inicio al destino, cuyo tiempo estimado fue de 92 min (en la Ciudad

de México y por las condiciones de tráfico este es un tiempo óptimo) la ruta a seguir es: inicio-lavandería-itzel-destino; sino que además y gracias a este método y por ser un grafo cíclico, se logró obtener todas las rutas más cortas de los demás clientes.

Finalmente, se volvió a obtener el desempeño de la lavandería del cuatrimestre que va de mayo a agosto del presente año y comparándolo con el mismo cuatrimestre del año anterior (2016) se obtuvo un porcentaje de crecimiento del 38.3% el cual fue mayor al registrado en el año 2015 al 2016, ya que se consiguió un incremento del 35%.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a PRODEP por los proyectos financiados que dan lugar a la colaboración entre instituciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado Boirivant, J. (2009). *La programación lineal aplicación de la pequeñas y medianas empresas*. Reflexiones, Vo.88, núm.1, San José Costa Rica. Universidad de Costa Rica. (Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/729/72912559007.pdf>)
- Becerril I. (2014). *Informalidad ensucia utilidades de lavanderías*. El financiero. (Disponible en: <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/informalidad-ensucia-utilidades-de-lavanderias.html>)
- De la Cabada. E. (2001) *Análisis de factibilidad para la apertura de una lavandería que se especializa en el lavado de mantelería para restaurantes*. Licenciatura. ESDAI.
- Hermogenes84. (2009). Consultado (17-mayo-2017). Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=xdmVKB9W9r8>.
- Izquierdo Granja D. (2017). *PHPSimplex versión 0.81* Consultado (10-agosto-2017). Recuperado de: <http://www.phpsimplex.com/simplex/simplex.htm?l=es>