

## ESTUDIO DE PROBLEMÁTICAS EN LA COMPAÑÍA “AGUILAR” Y SOLUCIONES CON MODELOS DE OPTIMIZACIÓN DE REDES

Loaiza, M.; Erraez, E.; Jijón, M.; Loayza, V.

Universidad Técnica de Machala

[eeerraez\\_est@utmachala.edu.ec](mailto:eeerraez_est@utmachala.edu.ec)

### RESUMEN

La elaboración del presente documento, se dio debido a la necesidad de constatar los diferentes problemas que pudieran llevarse a cabo dentro de la microempresa “Ebanistería Aguilar”, lo cual de una u otra forma pudieron afectar en cierto grado la obtención de la máxima producción, lo cual sería algo negativo para la misma. El objetivo del trabajo realizado es definir posibles soluciones de problemáticas existentes dentro de la microempresa, y esto ayudará a que los resultados vistos desde el punto del propietario de la misma sean factibles. Los problemas que existían dentro del campo estudio se los pudo verificar gracias a un análisis pertinente del mismo, en donde se tomó en cuenta cada una de las actividades que se dan dentro de este, como se las realiza, y el tiempo estipulado para cada una de estas, además de aplicar técnicas de recolección de datos como entrevistas con el propietario, entre otras. Una vez determinados los problemas y posibles soluciones se procedieron a tomar las mejores decisiones para el beneficio de la empresa a través de diversas herramientas y técnicas de la Investigación de Operaciones, como lo es aplicar el cálculo de la ruta más corta, la ruta crítica para determinar procesos extensos de desarrollo. Las resoluciones dadas fueron factibles debido a que se pueden garantizar que cada uno de los procesos sean cumplidos con normalidad, con la mínima cantidad de recursos y obteniendo el máximo beneficio para el propietario de la microempresa, tratando de usar el mínimo grado de recursos.

**Palabras clave:** Optimización, operaciones, investigación.

### ABSTRACT

The elaboration of the present document was due to the need to verify the different problems that could be carried out within the micro-enterprise “Ebanistería Aguilar”, which in one way or another could affect to some extent the obtaining of the maximum production, which would be something negative for it. The objective of the work is to define possible solutions of existing problems within the microenterprise, and this will help the results seen from the point of the owner of the same are feasible. The problems that existed in the field of study could be verified through a relevant analysis of the same, where it was taken into account each of the activities that are given within this, as they are done, and the time stipulated for each one of these, in addition to applying techniques of data collection as interviews with the owner, among others. Once the problems and possible solutions were determined, the best decisions were made for the benefit of the company through various tools and techniques of

Operations Research, such as applying the calculation of the shortest route, the critical route to determine extensive development processes. The resolutions given were feasible because it can be guaranteed that each of the processes are fulfilled with normality, with the minimum amount of resources and obtaining the maximum benefit for the owner of the microenterprise, trying to use the minimum degree of resources.

**Keywords:** Optimization, operations, research.

## INTRODUCCIÓN

Investigación de Operaciones como una de las ramas de la Ingeniería ayuda al proceso de la toma de decisiones, además de elaborar las mejores estrategias para la solución de distintos problemas, relacionados a las actividades que desempeñen las empresas u organizaciones donde se desee aplicar las diversas técnicas. A su vez, cada vez es más difícil asignar los recursos o actividades de una forma eficaz, pues los recursos cada vez son más escasos y crecen las complejidades de los sistemas generando problemas para decisiones óptimas.

El objetivo es conocer los principios que guían la solución de problemas mediante la aplicación de diversas técnicas orientadas a proporcionar una ayuda cuantitativa a la toma de decisiones, en concreto con la investigación de operaciones se puede lograr la construcción e modelos de decisión basados en descripciones matemáticas, obteniendo los valores óptimos de las variables de decisión, resolución mediante análisis matemático o simulación, estudios de sensibilidad de la solución o soluciones propuestas, obtener una visión general de las partes componentes de un sistema productivo, entre otras.

En el estudio de la Investigación Operativa se puede hacer más énfasis en los aspectos teóricos de los modelos matemáticos o bien en los aspectos prácticos, debido a que es necesario verificar la aplicabilidad de los resultados que se deriven de los modelos matemáticos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación, es de tipo descriptiva, documental, y de campo esto permite estudiar cada una de las circunstancias acerca del estudio realizado y conocer más acerca del mismo, con lo cual se puede comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías.

La investigación descriptiva permite definir algunas características fundamentales del tema estudiado, utilizando criterios que permitan manifestar su estructura o comportamiento.

La investigación bibliográfica permite obtener información en varias fuentes de información tales como libros, revistas, artículos, de los cuáles la información extraída será analizada e interpretada.

La investigación de campo permite estudiar el área donde se realizará el respectivo análisis para determinar cada una de las problemáticas existentes dentro de la misma, y tomar las mejores decisiones del caso.

La elaboración del presente documento se dio por medio de algunas fases, que, al cumplirlas de manera satisfactoria, se cumple con el objetivo de la investigación realizada, estas fases son:

1. Estudio del área de trabajo en donde se identificarán las problemáticas.
2. Analizar cada una de las actividades realizadas por la microempresa para determinar posibles soluciones ante problemas encontrados.
3. Tomar las mejores decisiones ante las soluciones dadas, de tal forma que sean factibles para aplicarlas dentro de la microempresa, y den beneficios a la misma.

## MARCO TEÓRICO

### Investigación de Operaciones

“Consiste en preparar al profesional para decidir entre diferentes medios o métodos disponibles para realizar todo objetivo que se proponga, de modo que se alcance un resultado en relación a un cierto criterio de optimización. Ciertamente, fundándose en la experiencia y la intuición es como cada uno de nosotros asume las decisiones que implica la vida profesional o personal.” [1]

Según [2], la gestión empresarial ha ido evolucionando con el transcurso de los años, pasando desde la escuela clásica a la gestión de enfoque de sistemas y teorías de decisión. Las empresas actuales aspiran a ser excelentes en su gestión, por lo que deben fundamentar el proceso de toma de decisiones lo que redundará en una elevación de la eficiencia de la organización, esto se debe a que las empresas se vuelven más complejas cada día, los entornos están cambiando tan rápido que las prácticas anteriores ya no son las adecuadas y ha aumentado el costo de tomar decisiones incorrectas.

**Figura 1. Investigación de operaciones**



La Investigación de Operaciones es la aplicación, por grupos interdisciplinarios, del método científico a problemas relacionados con el control de las organizaciones o sistemas a fin de que se produzcan soluciones que mejor sirvan a los objetivos de toda organización.

## Importancia de la Investigación de Operaciones

“Toda organización requiere de un aspecto tan importante como lo es la toma de decisiones, de esta manera desde hace mucho tiempo se comenzó a intentar aplicar diversos métodos que de una u otra forma permitieran a las organizaciones tomar la decisión más acertada, o la que más conviniera a sus intereses, debido a esto surge la Investigación de Operaciones; la cual dio comienzo cuando se intentó aplicar el método científico a la administración, además es sabido que esta disciplina surge en los servicios militares, a inicios de la segunda guerra mundial, cuando comenzaron a buscar métodos que permitieran tener una forma efectiva de asignar sus recursos.” [3]

Según [4], los procesos de decisión pueden desarrollarse bajo situaciones deterministas, aleatorias, de incertidumbre, o de competencia (adversas). Estas situaciones se modelan a través de sistemas que también serán de tipo deterministas, aleatorios, inciertos o basados en situaciones de competencia (adversas). Los sistemas determinísticos interpretan la realidad bajo el principio de que todo es conocido con certeza. Los sistemas basados en situaciones aleatorias, de incertidumbre o de competencia, asocian la incertidumbre a los fenómenos a analizar, incertidumbre que puede resultar de la variación propia de los fenómenos (variaciones que eluden a nuestro control, pero que tienen un patrón específico) o incertidumbre resultante de la propia inconsistencia de esos fenómenos.

Aplicando el método científico, el Investigador de Operaciones construirá uno o más modelos (representaciones) del sistema, con sus operaciones correspondientes y sobre él realizará su investigación.

### Modelo de redes

Según [5], los Modelos de redes son utilizados porque pueden aplicarse de una forma mucho más rápida.

Se pueden resolver problemas de Programación entera, los cuáles pueden formularse como modelo de redes obteniendo soluciones enteras sin necesidad de restricciones adicionales, aumentando la eficiencia y reduciendo el tiempo consumido por los algoritmos clásicos de programación línea, sin importar el tamaño del problema planteando según su estructura matemática se pueden resolver por pequeños algoritmos.

Según [6], la optimización de redes es un tipo especial de modelo en programación lineal. Los modelos de redes tienen tres ventajas importantes con respecto a la programación lineal.

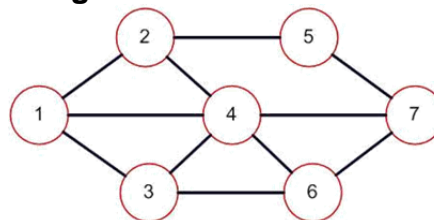
Requieren en forma natural de soluciones enteras. Al reconocer que un problema puede formularse como algún modelo de red nos permitirá resolver tipos especiales

de problemas de programación entera aumentando la eficiencia y reduciendo el tiempo consumido por los algoritmos clásicos de programación lineal.

Según [7], en el Modelo de Redes existen varios conceptos como lo son:

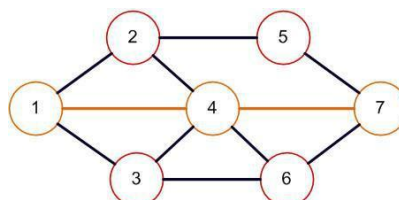
- **Gráfica:** Una gráfica es una serie de puntos llamados nodos que van unidos por unas líneas llamadas ramales o arcos.
- **Red:** Una red es una gráfica que presenta algún tipo de flujo en sus ramales. Por ejemplo una gráfica cuyo flujo en sus ramales sea la electricidad es una red eléctrica. En las redes se usa una simbología específica para denotar su tamaño y elementos que la constituyen, dicha notación es la  $(N, A)$  donde  $N$  representa el número de nodos que contiene la red y  $A$  representa el número de arcos o ramales.

**Figura 2. Gráfico de Red**



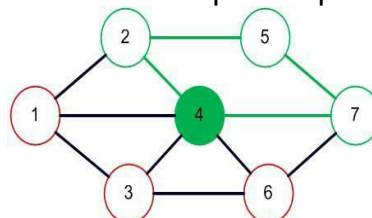
- **Cadena:** Una cadena corresponde a una serie de elementos ramales que van de un nodo a otro. En el siguiente caso se resalta una cadena que va desde el nodo 1 hasta el nodo 7 y que se compone por los elementos [1-4, 4-7].
- **Ruta:** Una ruta corresponde a los nodos que constituyen una cadena, en el siguiente caso [1, 4, 7].

**Figura 3. Gráfico de Ruta**



**Figura 4. Gráfica de Ciclo**

- **Ciclo:** Un ciclo corresponde a la cadena que une a un nodo con sí mismo, en el siguiente ejemplo el ciclo está compuesto por la cadena [4-2, 2-5, 5-7, 7-4].



## La ruta más corta

“El problema de la ruta más corta incluye un juego de nodos conectados donde sólo un nodo es considerado como el origen y sólo un nodo es considerado como el nodo

destino. El objetivo es determinar un camino de conexiones que minimizan la distancia total del origen al destino. El problema se resuelve por el “algoritmo de etiquetado.” [8]

Según [9], Dijkstra elige la ruta más corta de las posibles opciones, lo que conlleva a expandirse mejor, ya que cada enrutador calcula las trayectorias de manera independiente, por tanto, es más probable encontrar la mejor solución del camino más corto en el tráfico global.

Según [10], este método es muy importante ya que por medio de este modelo se pueden resolver de manera rápida, ya que pueden formularse como modelos de redes obteniendo soluciones enteras sin necesidad de restricciones (aunque en algunos casos pudieran tenerlas), asimismo se puede decir que no importa que tan grande sea el problema se puede resolver por pequeños algoritmos.

El problema de la ruta más corta es fundamental en muchas áreas, como son: investigación de operaciones, ciencia de la computación e ingeniería. Algunas de las razones son:

- La amplia variedad de aplicaciones prácticas como es el envío de algún material entre dos puntos específicos de la forma más eficiente, económica o rápida.
- Existen métodos de solución eficientes, los cuales al ser aplicados a una red con características específicas (a cíclica y con costos no negativos), proveen una solución exacta a un tiempo y costo razonables.
- Se puede utilizar como inicio en el estudio de modelos complejos de redes, esto es, cuando no se conoce la estructura de la red se pueden aplicar algoritmos para conocer algunas características de la red (presencia de ciclos negativos).
- Se utiliza frecuentemente como sub-problemas (subrutinas) en la solución de problemas combinatorios y redes, así en el caso de problemas para los cuales no existe un algoritmo de solución exacto (p. e. problemas NP-completos), la aplicación de algoritmos de ruta más corta, resultan auxiliares para encontrar una buena solución.
- Se trata de encontrar la ruta de menor distancia, o costo, a entre el punto de partida o nodo inicial y el destino o nodo terminal.

### La ruta crítica

“Es un algoritmo utilizado para el cálculo de tiempos y plazos en la planificación de proyectos. Este sistema de cálculo conocido por sus siglas en inglés CPM, fue desarrollado en 1957 en los Estados Unidos de América, por un centro de investigación de operaciones para las firmas Dupont y Remington Rand, buscando el control y la optimización de los costos mediante la planificación y programación adecuadas de las actividades componentes del proyecto. Otro proyecto importante de esa época, el proyecto "Polaris" originó en 1958 la creación de uno de los métodos de programación por camino crítico, conocido con el nombre de PERT.” [11]

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### Rutas de recorrido

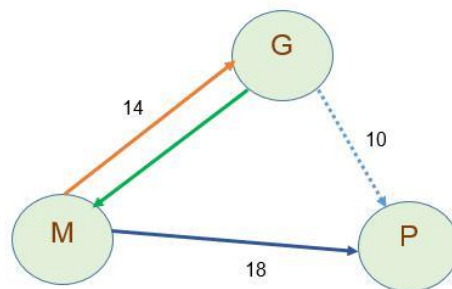
La ebanistería “Aguilar” como microempresa cumple con actividades como la entrega de diferentes insumos bajo pedido varios tipos de insumos de carpintería o ferretería a algunos de los cantones de la Provincia de El Oro, incluyendo: Machala, Pasaje, El Guabo, Santa Rosa, Piñas, Huaquillas, por tal motivo hacen recorridos entre los cantones, produciéndose así la necesidad de analizar los mismos y determinar si se están realizando de tal forma que ocupen la mínima cantidad de recursos.

**Figura 5. Modelo Rutas de entrega general**



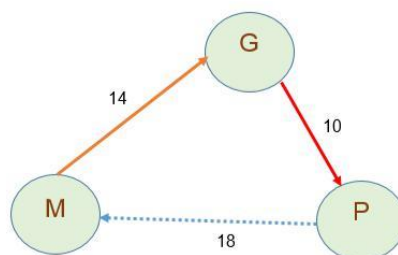
Una vez establecidas las rutas de recorrido, y verificando que en las mismas existen distancias innecesarias, se optó por utilizar el algoritmo de la ruta más corta para dar posibles soluciones para tener más distancias más cortas, usando el mínimo de recursos, menor cantidad de tiempo, además de poder obtener máximo beneficios para el propietario de la microempresa.

**Figura 6. Recorrido Machala – Guabo – Pasaje**



Para realizar esta ruta la Ebanistería “Aguilar” parte desde el cantón Machala hacia el cantón El Guabo, con 14 km de recorrido para nuevamente regresar hacia Machala con 14 km más de recorrido e ir hacia el cantón Pasaje, con 18 km de recorrido, realizando un total de recorrido de 46 km.

**Figura 7. Solución recorrido Machala - El Guabo – Pasaje**



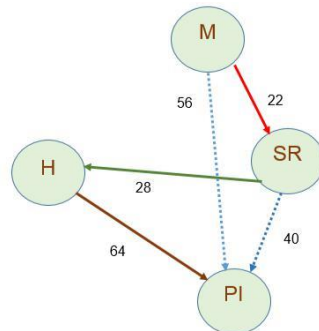
**Tabla 2. Solución Recorrido Machala - El Guabo – Pasaje**

Primer camino	
Segundo camino	
Camino no tomado	

La solución a este recorrido es la siguiente: Se debe partir desde Machala hacia El Guabo con un recorrido de 14 km, y luego tomar rumbo hacia el cantón Pasaje con un recorrido de 10 km, haciendo un total de 24 km recorridos, una cantidad menor a la recorrida con anterioridad.

Para realizar este recorrido la Ebanistería “Aguilar” parte desde el cantón Machala hacia el cantón Santa Rosa, con 22 km de recorrido, para luego ir hacia el cantón Piñas con 40 km de recorrido, y finalmente terminar en el cantón Huaquillas con 64 km de recorrido, haciendo un total de 126 km.

**Figura 9. Solución recorrido Machala – Santa Rosa - Piñas - Huaquillas**

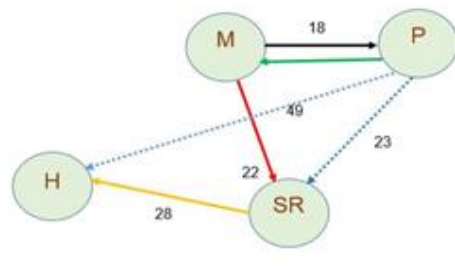


**Tabla 4. Solución recorrido Machala- Santa Rosa - Piñas – Huaquillas**

Primer camino	
Segundo camino	
Tercer camino	
Camino no tomado	

La solución a este recorrido es la siguiente: Se debe partir desde Machala hacia Santa Rosa con un recorrido de 22 km, luego tomar rumbo hacia Huaquillas con un recorrido de 28 km, para posteriormente ir a Piñas, con un recorrido de 64 km haciendo un total de 114 km recorridos, una cantidad menor a la recorrida con anterioridad.

**Figura 10. Recorrido Machala - Pasaje - Santa Rosa – Huaquillas**



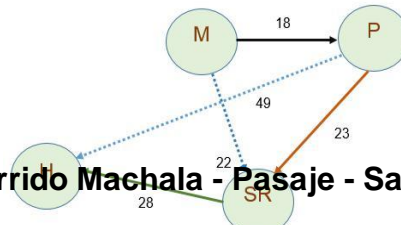


Para realizar este recorrido la Ebanistería “Aguilar” parte desde el cantón Machala hacia el cantón Pasaje y regresa nuevamente a Machala, con 36 km de recorrido, para luego ir hacia el cantón Santa Rosa con 22 km de recorrido, y finalmente terminar en el cantón Huaquillas con 28 km de recorrido, haciendo un total de 86 km.

**Tabla 5. Recorrido Machala - Pasaje - Santa Rosa - Huaquillas**

Primer camino	
Segundo camino	
Tercer camino	
Cuarto camino	
Camino no tomado o línea punteada de regreso	

**Figura 11. Solución recorrido Machala - Pasaje - Santa Rosa – Huaquillas**

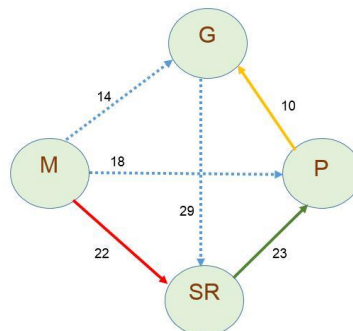


**Tabla 6. Solución recorrido Machala - Pasaje - Santa Rosa – Huaquillas**

Primer camino	
Segundo camino	
Tercer camino	
Camino no tomado o línea punteada de regreso	

La solución a este recorrido es la siguiente: se debe partir desde Machala hacia Pasaje con un recorrido de 18 km, luego tomar rumbo hacia Santa Rosa con un recorrido de 23 km, para posteriormente ir a Huaquillas, con un recorrido de 28 km haciendo un total de 69 km recorridos, una cantidad menor a la recorrida con anterioridad.

**Figura 12. Recorrido Machala - Guabo - Pasaje - Santa Rosa**



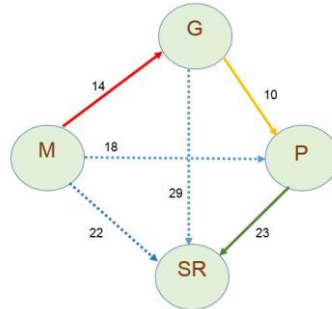
Para realizar este recorrido la Ebanistería “Aguilar” parte desde el cantón Machala hacia el cantón Santa Rosa, con 22 km de recorrido, para luego ir hacia el cantón Pasaje con 23 km de recorrido, y finalmente terminar en el cantón El Guabo con 10 km de recorrido, haciendo un total de 55 km.

**Tabla 7. Recorrido Machala - Guabo - Pasaje - Santa Rosa**

Primer camino	

Segundo camino  
Tercer camino  
Camino no tomado o línea punteada de regreso

**Figura 13. Solución recorrido Machala - Pasaje - Santa Rosa - Huaquillas**



**Tabla 8. Solución recorrido Machala - Guabo - Pasaje - Santa Rosa**

Primer camino	
Segundo camino	
Tercer camino	
Camino no tomado o línea punteada de regreso	

La solución a este recorrido es la siguiente: se debe partir desde Machala hacia El Guabo con un recorrido de 14 km, luego tomar rumbo hacia Pasaje con un recorrido de 10 km, para posteriormente ir a Santa Rosa, con un recorrido de 23 km haciendo un total de 47 km recorridos, una cantidad menor a la recorrida con anterioridad.

**Ruta crítica en proceso de elaboración**

Ebanistería “Aguilar” como parte de sus actividades consta la elaboración de productos hechos en madera, en donde se desea determinar cuál o cuáles de los procesos conlleva más tiempo realizarlos, y por lo tanto necesitarán una mayor atención debido a que se debe recurrir a tiempos de holgura, u otras técnicas, para este caso se ha establecido una lista de las actividades realizadas y los días que se conllevan cada una de estas:

**Tabla 9. Actividades para realizar un producto**

Nro.	Actividad	Descripción	Predecesor	Duración (días)
1	A	Tomar medidas	-	1
2	B	Realizar Bosquejos	A	2
3	C	Comprar Madera	A	2

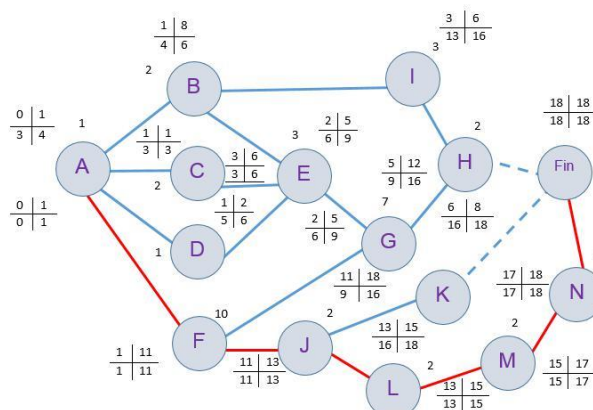
4	D	Escoger Madera Necesaria	A	1
5	E	Secar la madera	B - C - D	3
6	F	Uso de Maquinas	A	10
7	G	Pegar Piezas	F-E	7
8	H	Unir y darles forma a los bosquejos	G	2
9	I	Realizar tallados	B - H	3
10	J	Aplicar Macilla	F	2
11	K	Lijar la madera	J	2
12	L	Aplicar Macilla y Lijar madera	J	2
13	M	Laquear madera	L	2
14	N	Realizar acabados	M	1

Entonces realizando las respectivas operaciones aplicando el algoritmo de la ruta crítica se pudo llegar a la conclusión que las actividades cuyo proceso es mucho más demoroso y trabajoso son partiendo desde el Inicio, las actividades A, F, J, L, M y N, por tal motivo es a estas a las que se les debe asignar una mayor prioridad, y una holgura dentro del proceso, para de esta manera evitar retrasos en la producción de los distintos productos ofrecidos en la microempresa.

**Tabla 10. Actividades con más duración**

Nro.	Actividad	Descripción	Predecesor	Duración (días)
1	A	Tomar medidas	-	1
6	F	Uso de Maquinas	A	10
10	J	Aplicar Macilla	F	2
12	L	Aplicar Macilla y Lijar madera	J	2
13	M	Laquear madera	L	2
14	N	Realizar acabados	M	1

**Figura 14. Ruta más crítica proceso de producción**



El análisis de las actividades para detectar la ruta crítica de los procesos con mayor duración fue posible gracias al algoritmo de CPM o Ruta Crítica, en donde se establecieron aquellas actividades que se les debe otorgar una mayor importancia, además de un tiempo de holgura para evitar retrasos en las mismas.

## CONCLUSIONES

- La Investigación de Operaciones es una herramienta necesaria en el ámbito de las optimizaciones de los procesos debido a que ofrece diferentes herramientas y técnicas que facilitan este tipo de actividades, lo cual logra obtener beneficios, según en el área donde se lo aplique.
- El algoritmo de la ruta más corta permite obtener el camino más corto para realizar las actividades requeridas, usando el mínimo de recursos, para lograr la misma o mayor cantidad de beneficios.
- El algoritmo de la ruta crítica nos permite obtener la o las actividades que conllevan más duración y por lo tanto requieren una mayor atención, y se podrán tomar prevenciones como darles holgura a las mismas, esto evitará un retraso en el producto final que resulte de estos procesos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Pearson (2004). *Ingeniería Industrial Online*.

Garza Rios, R., González Sánchez, C. y Salinas Gómez, E. (s.f.). *Toma de decisiones empresariales: un enfoque multicriterio multiexperto*.

Blogspot (2010). *Investigación de Operaciones*.

Fing (s.f.). *Introducción a la Investigación de Operaciones*.

Wordpress (s.f.). *Ingeniería Industrial y Comunicación*.

INF (s.f.). *Modelos de Redes*.

Ingeniería industrial online (s.f.). *Teoría de redes*.

Análisis de Redes (2017). *El problema de la ruta más corta*.

Pedraza, L., López, D. y Salcedo, O. (s.f.). *Enrutamiento basado en el algoritmo de Dijkstra para una red de radio cognitiva*.

Optilineal (2014). *Modelos Lineales de Optimización*.

Gallardo, M. y Mendonza, T. (2016). *Investigación de Operaciones*.