

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS**



**“MODELO MATEMÁTICO DETERMINÍSTICO PARA LA
ASIGNACIÓN DE RECURSOS EN UNA FÁBRICA DE
MUEBLES, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE CIUDAD
VIEJA, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ”**

CARMEN MARÍA ENRIQUEZ ENRIQUEZ

ADMINISTRADORA DE EMPRESAS

GUATEMALA, JUNIO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS



“MODELO MATEMÁTICO DETERMINÍSTICO PARA LA ASIGNACIÓN DE RECURSOS EN UNA FÁBRICA DE MUEBLES, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE CIUDAD VIEJA, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ”

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

POR

CARMEN MARÍA ENRIQUEZ ENRIQUEZ

PREVIO A CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

ADMINISTRADORA DE EMPRESAS

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADA

GUATEMALA, MARZO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Lic. Luis Antonio Suárez Roldán
SECRETARIO:	Lic. Carlos Roberto Cabrera Morales
VOCAL I:	Lic. Carlos Alberto Hernández Gálvez
VOCAL II:	MSc. Byron Giovanni Mejía Victorio
VOCAL III:	Vacante
VOCAL IV:	P.C. Marlon Geovani Aquino Abdalla
VOCAL V:	P.C. Carlos Roberto Turcios Pérez

EXONERACIÓN DE EXAMEN DE ÁREAS PRÁCTICAS BÁSICAS

Exonerada de Examen de Áreas Prácticas Básicas según Punto QUINTO, inciso 5.9, subinciso 5.9.2, del Acta 21-2015, de la sesión celebrada por Junta Directiva el 11 de septiembre de 2015.

**PROFESIONALES QUE PRACTICARON
EL EXAMEN PRIVADO DE TESIS**

PRESIDENTE:	Lic. Oscar Haroldo Quiñónez Porras
SECRETARIA:	Licda. Thelma Marina Soberanis de Monterroso
EXAMINADOR:	Lic. Axel Osberto Marroquín Reyes

Guatemala, 18 de enero de 2017

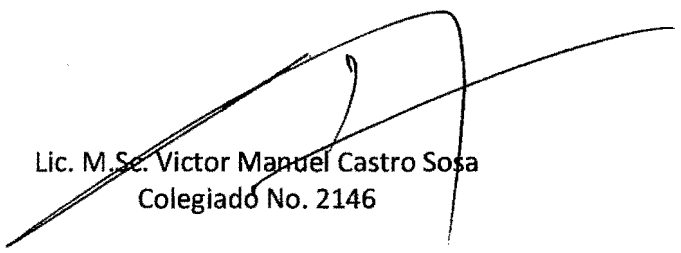
Licenciado
Luis Antonio Suárez Roldán
Decano de la Facultad de Ciencias Económicas
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Decano:

De conformidad con el nombramiento emanado de su decanatura, con fecha 7 de octubre de 2016, en el que se me designa asesor de tesis de la estudiante Carmen María Enriquez Enriquez, carné 201011566, con el tema "MODELO MATEMÁTICO DETERMINÍSTICO PARA LA ASIGNACIÓN DE RECURSOS EN UNA FÁBRICA DE MUEBLES, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE CIUDAD VIEJA, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ", me permito informarle que he procedido a revisar el contenido de dicho estudio, encontrando que el mismo cumple con los lineamientos y objetivos planteados en el respectivo plan de investigación.

En virtud de lo anterior y considerando que este trabajo de tesis fue desarrollado de acuerdo a los requisitos reglamentarios de la facultad, me permito recomendarlo para que sea discutido en examen privado de tesis, previo a optar el título de Administradora de Empresas en el grado académico de licenciada.

Atentamente,



Lic. M.Sc. Victor Manuel Castro Sosa
Colegiado No. 2146

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA



FACULTAD DE CIENCIAS
ECONOMICAS
EDIFICIO "S-8"
Ciudad Universitaria zona 12
GUATEMALA, CENTROAMERICA

**DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS, GUATEMALA,
CINCO DE ABRIL DE DOS MIL DIECISIETE.**

Con base en el Punto QUINTO, inciso 5.1, subinciso 5.1.2 del Acta 05-2017 de la sesión celebrada por la Junta Directiva de la Facultad el 27 de marzo de 2017, se conoció el Acta ADMINISTRACIÓN 005-2017 de aprobación del Examen Privado de Tesis, de fecha 17 de febrero de 2017 y el trabajo de Tesis denominado: "MODELO MATEMÁTICO DETERMINÍSTICO PARA LA ASIGNACIÓN DE RECURSOS EN UNA FÁBRICA DE MUEBLES, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE CIUDAD VIEJA, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ", que para su graduación profesional presentó la estudiante **CARMEN MARÍA ENRIQUEZ ENRIQUEZ**, autorizándose su impresión.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

LIC. CARLOS ROBERTO CABRERA MORALES
SECRETARIO



LIC. LUIS ANTONIO SUÁREZ ROLDÁN
DECANO



m.ch

AGRADECIMIENTOS

- A DIOS:** Ser Supremo a quien debo mi vida y quien me ha dado sabiduría, fe y perseverancia para alcanzar este triunfo.
- A MIS PADRES:** Jorge y Aidé las personas más importantes en mi vida. A ustedes con todo mi amor y respeto, gracias por la confianza depositada en mí y por hacer este sueño una realidad, hoy puedo decirles, meta cumplida. Gracias por todo, los amo.
- A MIS HERMANOS:** Jorge y Paula, así como Fabiola y Oscar por todo su apoyo y por ser mis mejores amigos con quienes siempre puedo contar.
- A MIS SOBRINOS:** Jorgito, Isabellita y Nachito, por darle alegría y color a mis días y motivarme a ser un ejemplo para ustedes.
- A MIS ABUELITOS:** Olimpia, Mary y Luis, por ser el ejemplo de paciencia y perseverancia.
- A MI CATEDRÁTICO:** Lic. Oscar Haroldo Quiñónez Porras por apoyarme, y haber confiado siempre en mí.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
INTRODUCCIÓN	i
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO	
1.1 Investigación de Operaciones	1
1.1.1 Origen de la Investigación de Operaciones	2
1.1.2 Áreas de aplicación de la Investigación de Operaciones	3
1.2 Modelos matemáticos de Investigación de Operaciones	3
1.2.1 Desarrollo de los modelos matemáticos	3
1.2.1.1 Formulación del modelo	4
1.2.1.2 Solución del modelo	4
1.2.1.3 Validación del modelo	4
1.2.1.4 Aplicación del modelo matemático	5
1.2.2 Tipos de modelos matemáticos	5
1.2.2.1 Modelos cuantitativos	5
1.2.2.2 Estándar y hechos a la medida	6
1.2.2.3 Estáticos y dinámicos	6
1.2.2.4 Modelos determinísticos	6
1.2.2.5 Modelos probabilísticos	6
1.3 Programación lineal	7
1.3.1 Definiciones básicas de la programación lineal	7
1.3.1.1 Variables de decisión	7

Contenido	Página
1.3.1.2 Función objetivo	8
1.3.2 Restricciones	8
1.3.3 Solución factible	8
1.3.4 Modelos de la programación lineal	8
1.3.4.1 Gráfico	8
1.3.4.2 Simplex	10
1.3.4.3 Modelo de transporte	12
1.3.4.4 Modelo de asignación	13
1.3.4.4.1 Definiciones del modelo de asignación	13
1.3.4.4.2 Procedimiento para el modelo de asignación	14
1.4 Fábrica de muebles	17
1.4.1 Caja fúnebre	18
1.4.2 Proceso de producción de una caja fúnebre	18
1.4.3 Operario	21
1.4.4 Sierra circular	21
1.4.5 Sierra caladora	22
1.4.6 Lijadora	22

CAPÍTULO II

SITUACIÓN ACTUAL DE LA FÁBRICA DE MUEBLES

2.1 Metodología de investigación	23
2.1.1 Recopilación de información	23

Contenido	Página
2.1.2 Clasificación de la información	23
2.1.3 Tabulación de la información	24
2.1.4 Presentación de la información	24
2.2 Unidad de análisis	24
2.2.1 Antecedentes	24
2.2.2 Filosofía empresarial	25
2.2.2.1 Misión	25
2.2.2.2 Visión	25
2.2.2.3 Valores	26
2.2.3 Estructura organizacional	26
2.3 Situación actual del proceso de fabricación de una caja fúnebre	28
2.3.1 Procedimientos administrativos para guiar la producción	28
2.3.2 Actividades de la fabricación de cajas fúnebres	29
2.3.3 Tiempo de elaboración de una caja fúnebre	29

CAPÍTULO III

APLIACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DE ASIGNACIÓN

3.1 Objetivos de la aplicación del modelo	31
3.1.1 General	31
3.1.2 Específicos	31
3.1.3 Planteamiento del problema	31

Contenido	Página
3.1.4 Desarrollo del modelo de asignación, por minimización para la fabricación de una caja fúnebre	32
3.1.4.1 Elaboración de la matriz de efectividad	33
3.1.4.2 Desarrollo del modelo matemático	34
3.1.4.3 Programa de asignación óptima de operadores a tareas	44
3.2 Informe de resultados	44
3.3 Beneficios de la implementación de la programación lineal	45
CONCLUSIONES	46
RECOMENDACIONES	47
BIBLIOGRAFÍA	48
ANEXOS	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripción	Página
1	Tiempo promedio de realización de actividades	30
2	Asignación óptima de operarios a tareas	44
3	Cuadro comparativo del programa óptimo de de asignación	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Página
1	Parte inferior de la caja fúnebre	19
2	Parte superior de la caja fúnebre	20
3	Organigrama específico de la fábrica de muebles	27

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Descripción	Página
1	Guía de entrevista	50
2	Guía de boleta de medición de tiempo	51
3	Boletas de medición de tiempo por operario	52

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la competitividad y la eficiencia de las empresas son dos de los temas más importantes en la gestión empresarial, para eso se necesita de una buena administración que se auxilie de diferentes disciplinas que le permitan encontrar formas para poder optimizar los recursos con los que cuenta, y así poder determinar soluciones factibles a los problemas que se presenten con el pasar del tiempo.

Por lo tanto se presenta la investigación, titulada “MODELO MATEMÁTICO DETERMINÍSTICO PARA LA ASIGNACIÓN DE RECURSOS EN UNA FÁBRICA DE MUEBLES, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE CIUDAD VIEJA, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ”, en la cual se desarrolló el modelo matemático de asignación, para contribuir a la solución del problema que presenta la fábrica objeto de estudio, que consiste en la falta de control en la fabricación de cajas fúnebres, y baja producción, que conlleva al atraso al momento de entregar los pedidos en las diferentes funerarias del país, incumplimiento que pone en riesgo la pérdida de clientes.

En el presente estudio se realizó una investigación documental y de campo, donde se obtuvo la información, y posteriormente se le ofrecerá a la empresa una propuesta de solución a la situación de baja producción en la fabricación de cajas fúnebres.

Los resultados de la investigación se detallan en el presente documento conformado por tres capítulos, el capítulo I contiene el marco teórico que fundamenta el estudio, en el cual están detallados definiciones y conceptos de los modelos matemáticos, así como, términos relacionados al proceso de fabricación de cajas fúnebres.

El capítulo II contiene la metodología de investigación, los antecedentes de la unidad de análisis, la filosofía empresarial y el proceso de fabricación. El capítulo III detalla el desarrollo del modelo matemático de asignación óptimo de los operarios a cada actividad de producción en la fabricación de cajas fúnebres.

Por último se presentan las conclusiones y recomendaciones, además de la bibliografía consultada para el presente documento.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

Este capítulo contiene los conceptos y definiciones relacionados con el problema a investigar, los cuales parten de lo general a lo específico, con el objetivo de presentar la teoría sobre la cual se fundamenta el presente estudio.

1.1 Investigación de Operaciones

La investigación de operaciones, en algunas circunstancias se confunde con la administración de operaciones, la diferencia radica en que la segunda es la actividad mediante la cual los recursos van fluyendo dentro de un sistema definido, son combinados y transformados en una forma controlada, en cambio la investigación de operaciones es un método científico de resolución de problemas, la cual brinda herramientas suficientes para su aplicación, ambas tienen un ámbito de áreas diferentes. “Desde el advenimiento de la revolución industrial, el mundo ha sido testigo de un crecimiento importante del tamaño y la complejidad de las organizaciones. Los diferentes problemas y la necesidad de encontrar la mejor forma de resolverlos crearon el ambiente propicio para el surgimiento de la investigación de operaciones la cual se hace referencia como (IO)”. (3:1)

“La IO incluye el término *investigación* en el nombre porque utiliza un enfoque similar al aplicado en las áreas científicas establecidas. El método científico es usado para explorar los diversos problemas que deben de ser enfrentados – en ocasiones se utiliza el término *management science* o *ciencia de la administración* como sinónimo de la investigación de operaciones-. El proceso comienza por la observación cuidadosa y la formulación del problema, incluyendo la recolección de los datos pertinentes. El siguiente paso es la

construcción de un modelo científico –generalmente matemático – con el cual se intenta abstraer la esencia del problema real. En esta etapa se propone la hipótesis de que el modelo será una representación tan precisa de las características esenciales de la situación, que permitirá que las conclusiones – soluciones – obtenidas sean válidas también para el problema real”. (3:2)

El propósito principal de la IO, es investigar lo relacionado a las operaciones que se llevan a cabo en las empresas, no importando su naturaleza ni el tamaño de las mismas, para brindar una solución óptima mediante la utilización de la matemática, como su base fundamental, y darle resolución al problema planteado.

1.1.1 Origen de la Investigación de Operaciones

Desde que apareció el hombre en la tierra ha buscado mejorar su forma de vida, esto ha hecho preguntarse cómo lograr más satisfactores con menores esfuerzos. Este espíritu fue el que movió a Frederick W. Taylor, “el padre de la administración científica”, a observar cómo desarrollaban los obreros las diversas tareas llevándole a plantearse varias opciones para mejorar la eficiencia y productividad de los mismos.

En Guatemala, con el nacimiento y la llegada de grandes industrias al país la investigación de operaciones ha ido evolucionando y se ha implementado en la producción, ya que cada día se encuentran nuevos escenarios para poder aprovechar los recursos con que cuentan las industrias, y el establecimiento de nuevas estrategias para ser competitivas en el mercado, encontrando la manera óptima para la producción. Por la importancia que radica en la investigación de operaciones se ha ido implementando en la formación académica a nivel superior como una materia que ayudaría a mejorar estrategias, aprovechar

los recursos con los que cuentan, utilizando modelos matemáticos que se puedan adecuar a cada tipo de industria y sus características.

1.1.2 Áreas de aplicación de la Investigación de Operaciones

La principal característica de la IO, es la utilización de modelos matemáticos para la resolución de problemas, y su área de aplicación es muy extensa, ya que permite resolver problemas dentro de las organizaciones, las cuales pueden ser: el gobierno, hospitales, instituciones financieras, industrias y negocios; ayudando a resolver problemas de transporte, costos, minimización de tiempo, maximización de utilidades, investigación o desarrollo y la planeación total.

1.2 Modelos matemáticos de Investigación de Operaciones

Para resolver problemas de toma de decisiones, en los que debe seleccionarse una alternativa de solución, la Investigación de Operaciones utiliza los modelos matemáticos que son una representación o abstracción de una situación u objeto reales, que muestra las relaciones (directas e indirectas) y las interrelaciones de la acción y la reacción en términos de efecto". (6:24)

Los modelos matemáticos permiten encontrar un valor a las variables de decisión, que optimizan, ya sea en la minimización o en la maximización, la función objetivo en un problema.

1.2.1 Desarrollo de los modelos matemáticos

Para poner en práctica un modelo matemático es necesario que se vaya por varias etapas. "El primer paso es identificar, comprender y describir,

en términos precisos, el problema que la organización enfrenta. En algunos casos, el problema está bien definido y es claro. En otras situaciones, el problema puede no estar bien definido y puede requerir bastantes discusiones y consenso entre los miembros del equipo de proyectos”. (5:4)

1.2.1.1 Formulación del modelo

Una vez definido el problema, el siguiente paso es reformularlo a relaciones matemáticas, lo cual permitirá la selección adecuada del modelo a utilizar, dependiendo de las características y complejidad. En algunos casos, se necesita una combinación de varios modelos para dar la resolución adecuada al problema.

1.2.1.2 Solución del modelo

“Una vez formulado un modelo matemático del problema, el siguiente paso es resolver el modelo, es decir, obtener valores numéricos para la variable de decisión. Es decir una vez que se identifique el tipo de modelo que tiene, podrá elegir una técnica de administración apropiada para resolverlo”. (5:6)

1.2.1.3 Validación del modelo

“Después de resolver el modelo matemático, es extremadamente importante validar la solución, es decir, revisar la solución cuidadosamente para ver que los valores tienen sentido. Algunas de las razones para hacer esto son:

1. El modelo matemático puede no haber captado todas las limitaciones del problema real.

2. Ciertos aspectos del problema pueden haberse pasado por alto, omitido deliberadamente o simplificado.
3. Los datos pueden haberse estimado o registrado incorrectamente, talvez al introducirlos a la computadora".
(5:7)

1.2.1.4 Aplicación del modelo matemático

“Esta etapa es crítica, pues aquí y solo aquí se cosecharán los beneficios del estudio. Por lo tanto es importante que el equipo de IO participe para asegurar que las soluciones del modelo se traduzcan con exactitud en un procedimiento operativo, y para corregir defectos en la solución que se presente en cualquier momento. El éxito de la implementación depende en gran medida del apoyo que proporcionen tanto la alta administración como la gerencia operativa. Es más probable que el equipo de IO obtenga este apoyo si ha mantenido a la administración bien informada y ha fomentado la guía de ésta durante el estudio”. (3:21)

1.2.2 Tipos de modelos matemáticos

Existen diferentes categorizaciones de modelos matemáticos, los cuales dependerán del enfoque al cual se está aplicando.

1.2.2.1 Modelos cuantitativos

“Un modelo simbólico emplea las matemáticas para representar las relaciones entre los datos de interés. Un modelo simbólico requiere que sus datos sean cuantificables, es decir, que resulte posible expresarlos de forma numérica”. (2:10)

1.2.2.2 Estándar y hechos a la medida

Los modelos estándar se refieren a modelos existentes aplicados de forma repetitiva, en los cuales se sustituyen los valores del problema a solucionar, para obtener resultados a los mismos.

Los modelos hechos a la medida son destinados a la resolución de problemas específicos, en los cuales se realizan las modificaciones necesarias, con el fin de construir un modelo que se pueda ajustar exactamente a las características específicas del problema.

1.2.2.3 Estáticos y dinámicos

Los modelos estáticos son aquellos cuyos resultados se mantienen constantes en el corto plazo de tiempo, no sufren muchos cambios y si lo hay, no son significativos. En cambio, los modelos dinámicos son aquellos que los resultados dependerán de variables que se mantienen en constante movimiento.

1.2.2.4 Modelos determinísticos

“Son aquellos donde se supone que todos los datos pertinentes se conocen con certeza. Es decir, en ellos se supone que en el modelo analizado se tendrá disponible toda la información necesaria para tomar las decisiones correspondientes”. (2:18)

1.2.2.5 Modelos probabilísticos

En los modelos probabilísticos o estocásticos, algunos elementos no se conocen con certeza. Es decir, en los modelos probabilísticos se presupone que algunas variables importantes llamadas variables

aleatorias, no tendrán valores conocidos antes que se tomen las decisiones correspondientes, y que ese desconocimiento debe ser incorporado al modelo.

1.3 Programación lineal

“La programación lineal utiliza un modelo matemático para describir el problema. El adjetivo lineal significa que todas las funciones matemáticas del modelo deben ser funciones lineales. Por lo tanto, la programación lineal involucra la planeación de las actividades para obtener un resultado óptimo; esto es el resultado que mejor alcance la meta especificada”. (3:25)

La programación lineal es un método de solución de problemas, desarrollado para ayudar a los gerentes a tomar decisiones en casos o situaciones donde pueden intervenir variables. Un modelo de programación lineal puede incluir tres elementos fundamentales que son: la variable de decisión, la función objetivo y las restricciones.

1.3.1 Definiciones básicas de la programación lineal

A continuación, se presentan las definiciones, para la mejor comprensión de programación lineal.

1.3.1.1 Variables de decisión

Son elementos donde los valores son desconocidos, los cuales se deben de determinar por medio de la programación lineal, que constituyen la solución óptima del problema.

1.3.1.2 Función objetivo

La función objetivo es la medida de desempeño adecuada y es la meta que la empresa desee cumplir, ya sea en minimización o maximización.

1.3.2 Restricciones

“Son todas las limitaciones que se puedan imponer sobre los valores de las variables de decisión, casi siempre en forma de ecuaciones o desigualdades”. (3:12)

1.3.3 Solución factible

Es la mejor solución que proporciona el óptimo para la función objetivo, ya sea en minimización o maximización y que pueda satisfacer todas las restricciones del modelo.

1.3.4 Modelos de la programación lineal

Para dar solución a un problema de programación de actividades y de asignación de recursos de programación lineal, se puede utilizar los siguientes métodos.

1.3.4.1 Gráfico

“Un problema de programación lineal que involucra sólo dos variables de decisión puede resolverse mediante un procedimiento de solución gráfica”. (1:240)

Los pasos básicos para la elaboración de un modelo gráfico de programación lineal, para la función objetivo de minimización o maximización son los siguientes:

1. Definir la función objetivo en forma matemática.
2. Definir las restricciones en forma de desigualdades.
3. Cambiar el signo a la desigualdad por uno de igualdad.
4. Calcular pares ordenados, resolviendo la ecuación a través del método de igualación a cero.
5. Trazar líneas rectas, en plano de coordenadas cartesianas, identificando el área de solución, dependiendo de cada signo.
6. Localizar el área factible de solución o el área común, que es aquella en donde existe intersección de áreas.
7. Localizar los vértices o puntos factibles de solución, aquellos donde existe intersección de líneas y a la vez, encierran el área factible de solución.
8. Calcular los valores para las variables, para cada vértice o punto factible de solución, a través de ecuaciones simultáneas.
9. Determinar el vértice o punto óptimo de solución, lo cual se logra sustituyendo las variables de la función objetivo, por los valores de las variables de cada vértice o punto factible de solución. Para los problemas de maximización el vértice o punto factible de solución es aquel en donde el resultado es mayor y para los problemas de minimización, en donde el resultado es el menor.
10. Comprobar en las restricciones, sustituyendo las variables de las desigualdades restrictivas por los valores del vértice o punto óptimo de solución.

1.3.4.2 Simplex

“El método simplex es un procedimiento algebraico para resolver cualquier problema de programación lineal, en un número finito de pasos”. (5:169)

Para la solución del problema por el método simplex es necesario que las inecuaciones correspondientes a las distintas restricciones se conviertan en ecuaciones.

Los pasos para resolver un problema de programación lineal por método simplex son los siguientes:

a) Para problemas de maximización

1. Definir la función objetivo en forma matemática.
2. Definir las restricciones en forma de desigualdades o inecuaciones.
3. Convertir las desigualdades, agregando variables de holgura por cada desigualdad.
4. Igualar la función objetivo a cero.
5. Construir el primer tablero simplex, ordenando los coeficientes y las constantes de las igualdades por renglones y en el último renglón incluir los coeficientes de la función objetivo igualada a cero.
6. Determinar la columna pivote, la cual se identifica con el menor valor de los elementos de la fila de la función objetivo.
7. Encontrar el elemento pivote.
8. Convertir en uno el valor del elemento pivote, lo cual se logra multiplicando el inverso del valor del elemento pivote, por cada valor de los elementos de la fila, denominándosele a esta nueva fila pivote.

9. Convertir en cero los restantes valores de los elementos de la columna pivote, lo cual se logra multiplicando el valor del elemento a convertir en cero con signo cambiado, por cada elemento de la fila pivote.
10. Es necesario que se repitan los pasos 6 al 9, hasta que todos los elementos de la última fila del tablero simplex, sean positivos o ceros. Si esto se ha logrado, entonces se tendrá el tablero que optimiza la función objetivo.
11. El valor para cada variable de decisión se localiza en la última columna.
12. Comprobar la función objetivo, que consiste en sustituir las variables de decisión por los valores de la solución óptima.
13. Comprobar en las desigualdades, para verificar si se cumple con las condiciones restrictivas.

b) Para problemas de minimización

1. Definir la función objetivo en forma matemática.
2. Definir las restricciones en forma de desigualdades o inecuaciones.
3. Formar una matriz inicial con los coeficientes y las constantes de las desigualdades y en último renglón incluir los coeficientes de la función objetivo.
4. Transponer la matriz inicial.
5. Construir un primer tablero simplex, con los valores de los elementos de la matriz transpuesta, e insertar una matriz identidad entre la penúltima y la última columna.
6. Cambiar de signo a los valores de los elementos del último renglón.

7. Determinar la columna pivote, la cual se identifica con el menor valor de los elementos de la fila de la función objetivo.
8. Encontrar el elemento pivote.
9. Convertir en uno el valor del elemento pivote, lo cual se logra multiplicando el inverso del valor del elemento pivote, por cada valor de los elementos de la fila, denominándosele a esta, nueva fila pivote.
10. Convertir en cero los restantes valores de los elementos de la columna pivote, lo cual se logra multiplicando el valor del elemento a convertir en cero con signo cambiado, por cada elemento de la fila pivote.
11. Es necesario que se repitan los pasos 7 al 10, hasta que todos los elementos de la última fila del tablero simplex, sean positivos o ceros. Si esto se ha logrado, entonces se tendrá el tablero que optimiza la función objetivo.
12. El valor para cada variable de decisión se localiza en la última columna.
13. Comprobar la función objetivo, que consiste en sustituir las variables de decisión por los valores de la solución óptima.
14. Comprobar en las desigualdades, para verificar si se cumple con las condiciones restrictivas.

1.3.4.3 Modelo de transporte

Es un modelo particular de problemas de programación lineal que debido a sus características especiales ha permitido desarrollar un método más práctico de solución, este se define como una técnica que determina un programa de transporte de productos o mercancías desde unas fuentes hasta los diferentes destinos al menor costo posible.

1.3.4.4 Modelo de asignación

El problema de asignación debe su nombre a la aplicación particular de asignar hombres a trabajos, con la salvedad de que cada hombre puede ser asignado a un trabajo y que cada trabajo tendrá asignada una persona. La condición necesaria y suficiente para que este tipo de problemas tenga solución, es que se encuentre balanceado, es decir, que los orígenes totales sean iguales a los destinos totales. El modelo de asignación tiene sus principales aplicaciones en: trabajadores a trabajos, vehículos a rutas, operarios a máquinas, productos a máquinas, etc.

“La mejor persona para el trabajo” es una descripción apropiada de lo que trata de lograr el modelo de asignación. La situación se ilustra con la asignación de empleados a las tareas, donde cualquier empleado puede desarrollar cualquier tarea. Una tarea que es igual a la habilidad de un trabajador cuesta menos que una en el cual el operador no es hábil. El objetivo del modelo es determinar la asignación óptima (la menos costosa o la de mejores rendimientos) de trabajadores a los puestos.

1.3.4.4.1 Definiciones del modelo de asignación

A continuación, se presentan algunas definiciones importantes del modelo de asignación.

a) Matriz de efectividad

Es la primera tabla que contiene todos los datos relevantes del problema de asignación.

DE \ A	D₁	D₂	D_j
O₁	X ₁₁	X ₁₂	X _{1j}
O₂	X ₂₁	X ₂₂	X _{2j}
O_i	X _{i1}	X _{i2}	X _{ij}

O= Origen

D= Destino

X= Unidad de medida

ij= Número de fila, número de columna

b) Origen

Son los recursos que se desean asignar a cada destino, con los que cuenta la empresa: así como, vendedores, secretarias, obreros, inversionistas, choferes.

c) Destino

Es el lugar a donde se desean asignar los recursos de la empresa, como territorios, trabajos, obras, proyectos, máquinas.

1.3.4.4.2 Procedimiento para el modelo de asignación

El procedimiento para realizar el modelo de asignación necesita de varios pasos a seguir que son los siguientes:

a) Para problemas de maximización

1. Planteamiento de la matriz de efectividad o primera matriz.
2. Elegir en cada fila de la primera matriz, el elemento de mayor valor y restar de este los demás elementos de su fila, incluyéndose el mismo, y construir la segunda matriz para escribir los resultados en las celdas correspondientes.
3. Para cada columna de la segunda matriz donde no se haya obtenido por lo menos un cero en el paso anterior, identificar el elemento de menor valor y restarlo de los demás elementos de su columna, incluyéndose el mismo, y construir la tercera matriz para escribir los resultados en las celdas correspondientes, por último, copiar los valores de los elementos que no fueron modificados.
4. Trazar el menor número de líneas posible tratando de que cada una de ellas cubra el mayor número de ceros (líneas horizontales y verticales). Si el número de líneas trazadas es igual al número de filas o columnas de la matriz, entonces es posible realizar la asignación óptima, si no es igual, seguir el procedimiento.
5. Identificar el elemento de menor valor entre los elementos descubiertos (elementos que no están cubiertos por la líneas trazadas en el paso anterior) de la matriz, restarlo de los elementos descubiertos, sumarlo a los elementos donde existe intersección de líneas trazadas; para completar la matriz se copian los demás elementos cubiertos por líneas trazadas.
6. Trazar nuevamente el menor número de líneas posible que cubran todos los ceros, verificando si se da la igualdad buscada, lo que permitirá la asignación, si no se da, seguir con el proceso y repetir los pasos 5 y 6 hasta lograr la igualdad.
7. Obtenida la igualdad, efectuar el programa de asignación óptima, principiando con el cero que sea único en su fila o columna, (cada

cero es una opción factible de asignación), así: se localiza la posición del cero en la última matriz (matriz óptima) se recorre el renglón de derecha a izquierda para determinar el origen, de abajo hacia arriba para establecer el destino, el valor óptimo de cada asignación se localiza en la matriz original (primera matriz) en la posición correspondiente al cero. Puede haber más de un programa de asignación óptimo, pero todos con el mismo valor total.

8. Respuesta.

b) Para problemas de minimización

1. Planteamiento de la matriz de efectividad o primera matriz.
2. Para cada columna de la primera matriz, identificar el elemento de menor valor y este restarlo de los demás elementos de su columna, incluyéndose el mismo, y construir la segunda matriz para escribir los resultados en las celdas correspondientes.
3. Para cada fila de la segunda matriz donde no se haya obtenido por lo menos un cero en el paso anterior, identificar el elemento de menor valor y restarlo de los demás elementos de su fila, incluyéndose el mismo, y construir la tercera matriz para escribir los resultados en las celdas correspondientes, por último copiar los valores de los elementos que no fueron modificados.
4. Trazar el menor número de líneas posible tratando de que cada una de ellas cubra el mayor número de ceros (líneas horizontales y verticales). Si el número de líneas trazadas es igual al número de filas o columnas de la matriz, entonces es posible realizar la asignación óptima, si no es igual, seguir el procedimiento.
5. Identificar el elemento de menor valor entre los elementos descubiertos (elementos que no están cubiertos por la líneas trazadas en el paso anterior) de la matriz, restarlo de los elementos

descubiertos, sumarlo a los elementos donde existe intersección de líneas trazadas; para completar la matriz se copian los demás elementos cubiertos por líneas trazadas.

6. Trazar nuevamente el menor número de líneas posible que cubran todos los ceros, verificando si se da la igualdad buscada, lo que permitirá la asignación, si no se da seguir con el proceso y repetir los pasos 5 y 6 hasta lograr la igualdad.
7. Obtenida la igualdad, efectuar el programa de asignación óptima, principiando con el cero que sea único en su fila o columna, (cada cero es una opción factible de asignación), así: se localiza la posición del cero en la última matriz (matriz óptima) se recorre el renglón de derecha a izquierda para determinar el origen de abajo hacia arriba para establecer el destino, el valor óptimo de cada asignación se localiza en la matriz original (primera matriz) en la posición correspondiente al cero. Puede haber más de un programa de asignación óptimo, pero todos con el mismo valor total.
8. Respuesta.

1.4 Fábrica de muebles

Una fábrica de muebles es un espacio abastecido de máquinas, herramientas y trabajo manual que se requieren para procesar y transformar materia prima y así producir determinados bienes en este caso, muebles de madera.

1.4.1 Caja fúnebre

Considerado sinónimo de féretro, ataúd; es un recipiente de madera con tapa rectangular u oblonga, usado para recibir a los cadáveres y transportarlos, para ser enterrados o incinerados.

1.4.2 Proceso de producción de una caja fúnebre

Es un sistema de acciones que se encuentran interrelacionadas de forma dinámica, y se orientan a la transformación de materia prima, en este caso la madera, la cual es un elemento de entrada, pasando por actividades de transformación y se convierte en un elemento de salida o en un producto listo para su venta, tras un proceso en el cual se incrementa su valor.

Las actividades que se realizan durante el proceso de producción se detallan a continuación:

➤ **Trazar las medidas:**

Se mide y traza en las planchas de madera las piezas que posteriormente serán cortadas, agujeradas o eliminadas.

➤ **Cortar y cepillar la madera:**

Luego de trazar las medidas se corta y se cepilla la madera, acción que permite rebajar la madera y alisarla, extrayendo finas láminas en cada pasada.

➤ **Armar la base:**

Se arma la parte interior o el armazón de la caja fúnebre, que consta de una caja simple de madera sin tapadera, que posteriormente será cubierto por el forro de tela.

➤ **Armar la parte inferior:**

Luego de fijar la base, se procede a trabajar la parte inferior del exterior de la caja fúnebre, en donde se le da la forma ovalada o cuadrada.

Figura 1
Parte inferior de la caja fúnebre

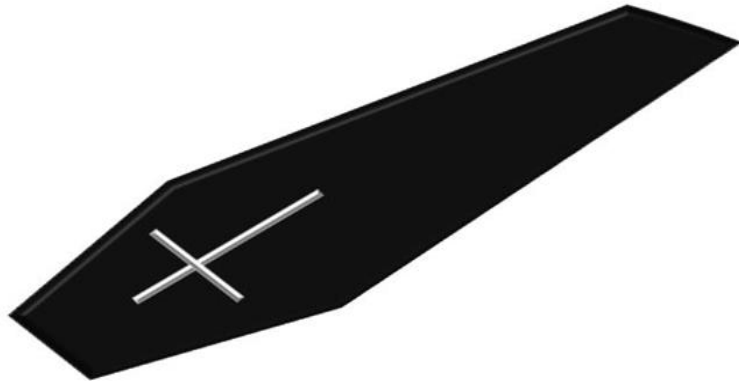


Fuente: Elaboración propia según información obtenida en el trabajo de campo, agosto 2016.

➤ **Armar la parte superior:**

Se fabrica la tapa de la caja fúnebre, dándole la misma forma que se le dio a la parte inferior, en este proceso es donde la caja esta sin color y lista para lijar y pintar.

Figura 2
Parte superior de la caja fúnebre



Fuente: Elaboración propia según información obtenida en el trabajo de campo, agosto 2016.

➤ **Lijar la caja fúnebre:**

Se alisa, pule y se limpia la caja fúnebre mediante el frotamiento con un objeto abrasivo, generalmente con la lijadora. Posteriormente se colocan los adornos de madera en la parte exterior de la caja fúnebre.

➤ **Pintar la caja fúnebre con laca:**

Se pinta la caja fúnebre, con un líquido de terminación de madera de color blanco, que se seca mediante evaporación del disolvente, se produce un acabado superficial duro y duradero, dicho acabado es ultra mate.

➤ **Pintar la caja fúnebre con color y barniz:**

Se pinta la caja fúnebre del color que se desea y se cubre con barniz, se seca al aire mediante evaporación de disolventes, dejando una capa sobre la caja fúnebre, su aplicación tiene como objeto principal

preservar la caja de agentes ambientales, así como, dar belleza y resistencia. Al finalizar el secado se colocan los adornos de aluminio.

➤ **Forrar con tela el interior de la caja fúnebre:**

Se forra la parte interior de la caja fúnebre con tela satén blanco, que es un tejido de algodón, que posee un elegante brillo exterior y con textura lisa, se forra sujetando la tela con clavos pequeños, logrando tapar toda la base y la parte interior de la caja y deja a simple vista solo la tela.

➤ **Lustrar y empacar la caja fúnebre:**

Se hace con la finalidad de quitar las manchas de la manipulación de la caja, con una manta limpia, para finalmente darle más brillo a la parte exterior, luego se empaca con plástico o papel film, para proteger la caja fúnebre del exterior.

1.4.3 Operario

Es la persona que tiene un oficio de tipo manual o manejando maquinaria. Su principal objetivo es cambiar la forma física de la materia prima, para producir bienes útiles al desarrollo humano.

1.4.4 Sierra circular

Es una máquina para asarrear longitudinal o transversalmente madera, metal, plástico u otros materiales; dotada de un motor eléctrico que hace girar a una gran velocidad una hoja circular. Se caracteriza por realizar cortes precisos.

1.4.5 Sierra caladora

Es un tipo de sierra utilizada para cortar curvas arbitrarias, como diseños de plantilla u otras formas, en una pieza de madera.

1.4.6 Lijadora

Es la máquina que mediante el montaje de un papel o tela de lija permite llevar a cabo el proceso de lijado de una superficie en este caso de madera.

CAPÍTULO II

SITUACIÓN ACTUAL DE LA FÁBRICA DE MUEBLES

En este capítulo se describe la metodología utilizada para el desarrollo de la investigación y la situación actual de la fábrica en estudio según información obtenida en el trabajo de campo.

2.1 Metodología de investigación

La metodología utilizada para obtener información de la empresa fábrica se detalla a continuación.

2.1.1 Recopilación de información

Para poder determinar la situación actual de la fábrica objeto de estudio, se realizó la investigación de campo por medio de la observación directa e indirecta, la observación directa consistió en la toma del tiempo, que cada trabajador se lleva en realizar cada tarea para una caja fúnebre, esta observación la realizaron dos personas con cronómetros, la observación indirecta se observó cada una de las actividades en modo general de diferentes operarios.

2.1.2 Clasificación de la información

Después de recopilar la información necesaria, se procedió a la clasificación de la variable en estudio, en este caso el tiempo que se lleva cada trabajador en realizar las actividades de fabricación de una caja fúnebre, por lo tanto la variable tiempo es cuantitativa continua.

2.1.3 Tabulación de la información

La tabulación consiste en el recuento de los datos obtenidos en la medición de tiempo directa, con la finalidad de generar resultados, para el caso de la asignación de recursos de la fábrica de muebles se utilizó una tabulación manual que se utiliza cuando el tamaño de la población es muy pequeña, en este caso la población la conforman diez trabajadores.

2.1.4 Presentación de la información

La presentación de la información conforma uno de los aspectos más importantes en el documento, ya que a través de estos se podrá visualizar de mejor manera los resultados de la recopilación de la información, presentando los datos en cuadros.

2.2 Unidad de análisis

Fábrica de Muebles, ubicada en el municipio de Ciudad Vieja, departamento de Sacatepéquez.

2.2.1 Antecedentes

La fábrica de muebles cuenta con 40 años de experiencia, ha realizado muebles de todo tipo por pedido, durante los últimos 30 años empezaron a realizar cajas fúnebres, con el pasar del tiempo la demanda se ha ido incrementando, convirtiéndose en uno de los proveedores de cajas fúnebres más importante de todas las funerarias del país, con una producción anual de 2,000 cajas fúnebres en promedio.

El número de pedidos que no se pueden cumplir es un 15% de la demanda de cajas fúnebres de la producción anual, lo que significa que necesitan producir al menos 300 cajas fúnebres adicionales al año.

Luego de fabricar las cajas realizan las entregas a todas las funerarias del país, actualmente realizan cuatro tipo de cajas fúnebres que son las más comerciales y las más demandadas, además de cumplir con los pedidos de las funerarias, también cuentan con una sala de ventas al por menor.

2.2.2 Filosofía empresarial

La gerencia de la fábrica de muebles proporcionó la siguiente filosofía.

2.2.2.1 Misión

“Fábrica de muebles Flores es una empresa con amplia experiencia en el diseño, fabricación y comercialización de muebles y cajas fúnebres en madera, con los más altos estándares de calidad, cumpliendo así con las necesidades de estilo y comodidad de nuestros clientes; todo esto basándose en principios como el cuidado del medio ambiente, responsabilidad con los clientes, constante modernización de nuestra planta técnica”.

2.2.2.2 Visión

“Fábrica de muebles Flores pretende ser la empresa líder a nivel nacional en la fabricación y comercialización de muebles de madera, ofreciendo a nuestros clientes productos con los mejores estándares de calidad y diseño, al precio justo, destacándose por un servicio óptimo en todos los productos y servicios ofrecidos por la empresa, para

convertirnos en un motor constante de trabajo y estabilidad económica en la región”.

2.2.2.3 Valores

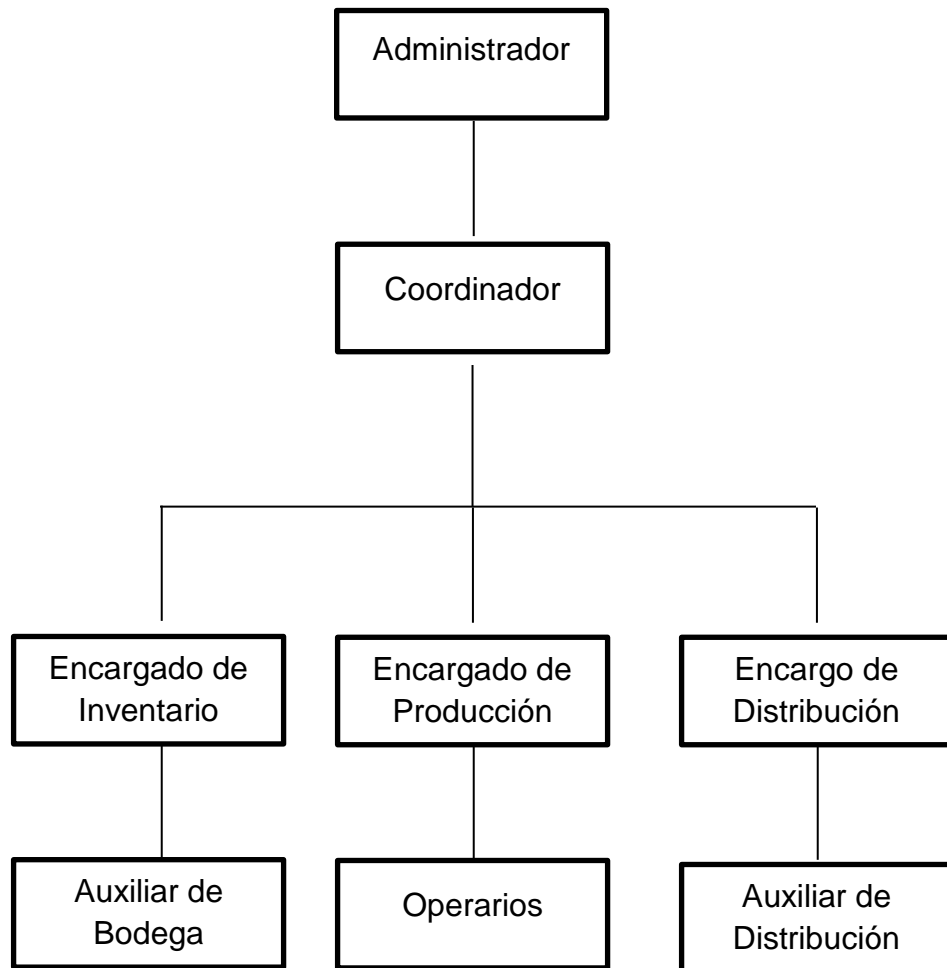
“Los valores que ponemos en práctica todos los días son los siguientes:

- **Responsabilidad:** cumplir con las obligaciones y trabajos asignados, según las normas establecidas en la fábrica de muebles.
- **Lealtad:** comprometerse con la empresa y difundir una imagen positiva de la misma, de los productos y servicios y de todos los compañeros de trabajo.
- **Integridad:** actuar con honradez, transparencia respeto, lealtad y confiabilidad en respuesta a la confianza depositada por nuestros clientes.
- **Honestidad:** actuar con la verdad en todos y cada uno de los actos hacia nuestros clientes, proveedores y comunidad en general, imprimiendo un sentido de confianza y transparencia en nuestro trabajo”.

2.2.3 Estructura organizacional

El organigrama específico de la fábrica de muebles se presenta a continuación.

Figura 3
Organigrama específico
Fábrica de muebles Flores
Agosto, 2016



Fuente: información proporcionada por la gerencia de la fábrica,
Agosto, 2016.

2.3 Situación actual del proceso de fabricación de una caja fúnebre

La fábrica cuenta con un taller central, ubicado en el municipio de Ciudad Vieja, departamento de Sacatepéquez, desde el cual se planifica, organiza, controla y produce cajas fúnebres, que son requeridas por distintas funerarias del país.

Para la producción se cuenta con diez operarios, las tareas se asignan tomando en cuenta la capacidad de cada uno, dependiendo de la productividad durante la semana.

2.3.1 Procedimientos administrativos para guiar la producción

- El coordinador toma los pedidos de cajas fúnebres.
- El coordinador transmite la información al encargado de inventario y al encargado de producción.
- El encargado de inventario, se dirige a su auxiliar de bodega, y preparan la cantidad necesaria de madera para el pedido.
- El encargado de producción asigna los trabajadores a las actividades, de acuerdo a su rendimiento de semanas pasadas y a su criterio personal.
- Al terminar la producción necesaria, se trasladan a la bodega de producto terminado.
- El encargado de bodega traslada el pedido al encargado de distribución.
- El coordinador revisa el pedido y firma la orden de salida de las cajas fúnebres.
- El encargado de distribución y su auxiliar, se encargan de la entrega de los pedidos a los clientes.

2.3.2 Actividades de la fabricación de cajas fúnebres

La fabricación de una caja fúnebre, lleva diez actividades, cada una de ellas la realiza un operario.

Las actividades las asigna el encargado de producción empíricamente, tomando como base su criterio personal.

La situación anterior dificulta la producción ya que en algunos casos se llega a la improvisación, lo que provoca atrasos en la producción, mayor desperdicio de materia prima e incremento en los costos.

Las actividades son las siguientes:

- | No. | Actividad |
|------------|--|
| 1 | Trazar las medidas |
| 2 | Cortar y cepillar la madera |
| 3 | Armar la base |
| 4 | Armar la parte inferior |
| 5 | Armar la parte superior |
| 6 | Lijar la caja fúnebre |
| 7 | Pintar la caja fúnebre con laca |
| 8 | Pintar la caja fúnebre con color y barniz |
| 9 | Forrar con tela el interior de la caja fúnebre |
| 10 | Lustrar y empacar la caja fúnebre |

2.3.3 Tiempo de elaboración de una caja fúnebre

La fábrica de muebles no cuenta con un tiempo promedio determinado para la fabricación de cajas fúnebres, por lo cual se hizo necesario observar durante una semana, el tiempo que cada trabajador utiliza para cada actividad de producción.

El tiempo promedio obtenido se presenta a continuación.

Cuadro 1
Tiempo promedio, por actividad en minutos
Agosto 2016

Operarios	Actividades de fabricación										Tiempo total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Luis	130	87	549	543	758	299	830	302	200	22	3,720
Jorge	125	91	575	584	742	359	841	338	204	15	3,874
Ignacio	134	97	552	572	754	325	859	303	190	30	3,816
Pablo	140	90	550	560	799	342	845	310	192	16	3,844
Sergio	127	93	563	563	760	302	824	410	197	20	3,859
Oscar	132	105	603	575	793	340	805	352	181	18	3,904
Antonio	148	89	562	620	830	398	800	340	199	21	4,007
Juan	151	95	558	580	747	339	821	332	179	35	3,837
Carlos	122	99	622	568	778	345	803	347	197	22	3,903
Arnoldo	136	94	542	538	752	321	796	320	182	17	3,698
Tiempo promedio total											3,840.2

Fuente: Elaboración propia, con información tomada en la observación en agosto

2016

CAPÍTULO III

APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DE ASIGNACIÓN

Una vez obtenida la información en el trabajo de campo, se desarrollará el modelo de asignación, para encontrar el programa óptimo de asignación de trabajadores a actividades.

3.1 Objetivos de la aplicación del modelo

El desarrollo del modelo matemático pretende cumplir los siguientes objetivos

3.1.1 General

Encontrar el programa óptimo de asignación de operarios a tarea, en el proceso de producción de cajas fúnebres, para minimizar el tiempo en la fabricación y reducir los costos totales de producción.

3.1.2 Específicos

- Determinar el operario idóneo para cada actividad de producción.
- Establecer el tiempo promedio con la asignación nueva.

3.1.3 Planteamiento del problema

La fábrica de muebles cuenta con diez operarios capacitados para realizar las diez tareas en la fabricación de cajas fúnebres, que son trazar las medidas, cortar y cepillar la madera, armar la base, armar la parte inferior, armar la parte superior, lijar, pintar con laca, pintar con color o barniz,

forrar con tela, lustrar y empacar; las cuales deben ser asignados a una tarea, con el objetivo de minimizar el costo total de producción.

3.1.4 Desarrollo del modelo de asignación, por minimización para la fabricación de una caja fúnebre

Se procede a determinar la asignación óptima de trabajos a tareas de producción, para minimizar el tiempo de fabricación, con base en los resultados obtenidos en la medición de tiempos por operario en cada una de las tareas, presentados en el capítulo II, en el cuadro 1.

3.1.4.1.1 Elaboración de la matriz de efectividad

El tiempo promedio utilizado por cada operario para cada tarea de producción se detalla a continuación.

Paso 1: Planteamiento de la matriz de efectividad.

Operarios	Tiempo en minutos									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Luis	130	87	549	543	758	299	830	302	200	22
Jorge	125	91	575	584	742	359	841	338	204	15
Ignacio	134	97	552	572	754	325	859	303	190	30
Pablo	140	90	550	560	799	342	845	310	192	16
Sergio	127	93	563	563	760	302	824	410	197	20
Oscar	132	105	603	575	793	340	805	352	181	18
Antonio	148	89	562	620	830	398	800	340	199	21
Juan	151	95	558	580	747	339	821	332	179	35
Carlos	122	99	622	568	778	345	803	347	197	22
Arnoldo	136	94	542	538	752	321	796	320	182	17

3.1.4.2 Desarrollo del modelo matemático

Paso 2: Para cada columna de la primera matriz, identificar el elemento de menor valor y este restarlo de los demás elementos de su columna, incluyéndose el mismo, y construir la segunda matriz para escribir los resultados en las celdas correspondientes.

Primera matriz

Operarios	TIEMPO EN MINUTOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Luis	130	87	549	543	758	299	830	302	200	22
Jorge	125	91	575	584	742	359	841	338	204	15
Ignacio	134	97	552	572	754	325	859	303	190	30
Pablo	140	90	550	560	799	342	845	310	192	16
Sergio	127	93	563	563	760	302	824	410	197	20
Oscar	132	105	603	575	793	340	805	352	181	18
Antonio	148	89	562	620	830	398	800	340	199	21
Juan	151	95	558	580	747	339	821	332	179	35
Carlos	122	99	622	568	778	345	803	347	197	22
Arnoldo	136	94	542	538	752	321	796	320	182	17

Paso 3: Para cada fila de la segunda matriz, donde no se haya obtenido por lo menos un cero en el paso anterior, identificar el elemento de menor valor y restarlo de los demás elementos de su fila, incluyéndose el mismo y construir la tercera matriz, para escribir los resultados de las celdas correspondientes, por último copiar los valores de los elementos que no fueron modificados.

Segunda matriz

Operarios	ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Luis	8	0	7	5	16	0	34	0	21	7
Jorge	3	4	33	46	0	60	45	36	25	0
Ignacio	12	10	10	34	12	26	63	1	11	15
Pablo	18	3	8	22	57	43	49	8	13	1
Sergio	5	6	21	25	18	3	28	108	18	5
Oscar	10	18	61	37	51	41	9	50	2	3
Antonio	26	2	20	82	88	99	4	38	20	6
Juan	29	8	16	42	5	40	25	30	0	20
Carlos	0	12	80	30	36	46	7	45	18	7
Arnoldo	14	7	0	0	10	22	0	18	3	2

Paso 4: Trazar el menor número de líneas posible, que cubran todos los ceros, horizontales y verticales. Si el número de líneas trazadas es igual al número de filas o columnas de la matriz, entonces es posible realizar la asignación óptima, si no cumple con la igualdad, seguir con el procedimiento.

Tercera matriz

Operarios	ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Luis	8	0	7	5	16	0	34	0	21	7
Jorge	3	4	33	46	0	60	45	36	25	0
Ignacio	11	9	9	33	11	25	62	0	10	14
Pablo	17	2	7	21	56	42	48	7	12	0
Sergio	2	3	18	22	15	0	25	105	15	2
Oscar	8	16	59	35	49	39	7	48	0	1
Antonio	24	0	18	80	86	97	2	36	18	4
Juan	29	8	16	42	5	40	25	30	0	20
Carlos	0	12	80	30	36	46	7	45	18	7
Arnoldo	14	7	0	0	10	22	0	18	3	2

No. de líneas = No. de columnas

8 ≠ 10

Paso 5: Identificar el elemento de menor valor entre los elementos descubiertos (elementos que no están cubiertos por las líneas trazadas en el paso anterior) de la matriz, restarlo de los elementos descubiertos, sumarlo a los elementos donde existe intersección de líneas trazadas; para completar la matriz se copian los elementos cubiertos por las líneas.

Cuarta matriz

Operarios	ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Luis	8	0	7	5	16	0	34	0	21	7
Jorge	3	4	33	46	0	60	45	36	25	0
Ignacio	11	9	9	33	11	25	62	0	10	14
Pablo	17	2	7	21	56	42	48	7	12	0
Sergio	2	3	18	22	15	0	25	105	15	2
Oscar	8	16	59	35	49	39	7	48	0	1
Antonio	24	0	18	80	86	97	2	36	18	4
Juan	29	8	16	42	5	40	25	30	0	20
Carlos	0	12	80	30	36	46	7	45	18	7
Arnoldo	14	7	0	0	10	22	0	18	3	2

No. de líneas = No. de columnas

8 ≠ 10

Se traza de nuevo el menor número de líneas posible que cubran todos los ceros, si no se cumple con la igualdad, identificar el elemento de menor valor entre los elementos descubiertos, y seguir con el paso 6.

Quinta matriz

Operarios	ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Luis	8	0	5	3	14	0	32	0	21	7
Jorge	5	6	33	46	0	62	45	38	27	2
Ignacio	11	9	7	31	9	25	60	0	10	14
Pablo	17	2	5	19	54	42	46	7	12	0
Sergio	2	3	16	20	13	0	23	105	15	2
Oscar	8	16	57	33	47	39	5	48	0	1
Antonio	24	0	16	78	84	97	0	36	18	4
Juan	29	8	14	40	9	40	23	30	0	20
Carlos	0	12	78	28	34	46	5	45	18	7
Arnoldo	16	9	0	0	10	24	0	20	5	4

No. de líneas = No. de columnas

9 ≠ 10

Paso 6: Repetir el paso 4 y 5 hasta lograr la igualdad.

Sexta matriz

Operarios	ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Luis	0	0	2	0	14	0	29	0	21	7
Jorge	5	6	30	43	0	62	42	38	27	2
Ignacio	14	9	4	28	0	25	57	0	10	14
Pablo	17	2	2	16	54	42	43	7	12	0
Sergio	2	3	13	17	13	0	20	105	15	2
Oscar	8	16	54	30	47	39	2	48	0	1
Antonio	27	3	16	78	87	100	0	39	21	7
Juan	29	8	11	37	3	40	20	30	0	40
Carlos	0	12	75	25	34	46	2	45	18	7
Arnoldo	19	12	0	0	13	27	0	23	8	7

No. de líneas = No. de columnas

9 ≠ 10

Séptima matriz

Operarios	ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Luis	10	0	2	0	16	0	29	0	23	9
Jorge	5	4	28	41	0	60	40	36	27	2
Ignacio	13	9	4	28	11	25	57	0	12	16
Pablo	17	0	0	14	54	49	41	5	12	0
Sergio	4	3	13	17	15	0	20	105	17	4
Oscar	8	14	52	28	47	37	0	46	0	1
Antonio	29	3	16	78	89	100	0	39	23	9
Juan	29	6	9	35	3	38	18	28	0	20
Carlos	0	10	73	23	34	44	0	43	18	7
Arnoldo	24	12	0	0	16	27	0	23	10	9

No. de líneas = No. de columnas

9 ≠ 10

Octava Matriz

Operarios	ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Luis	41	0	2	0	17	0	30	0	24	9
Jorge	5	3	27	40	0	59	40	35	27	1
Ignacio	14	9	4	28	12	25	58	0	13	16
Pablo	18	0	0	14	55	40	42	5	13	0
Sergio	5	3	13	17	16	0	41	105	18	4
Oscar	8	13	54	27	47	36	0	45	0	0
Antonio	29	2	15	77	89	99	0	38	23	8
Juan	29	5	8	34	3	37	18	27	0	19
Carlos	0	9	72	22	34	43	0	42	18	6
Arnoldo	22	12	0	0	16	27	1	23	14	9

No. de líneas = No. de columnas

10 = 10

Paso 7: Obtenida la igualdad, se continua con las asignaciones de operarios a tareas, principiando con el cero que sea único en su fila o columna y continuando con el operario que posea dos ceros en su fila, seguido del que tiene tres ceros en su fila y así sucesivamente.

Novena matriz

Operarios	ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Luis	11	0	2	0	17	0	30	0	24	9
Jorge	5	3	27	40	0	59	40	35	27	1
Ignacio	14	9	4	28	12	25	58	0	13	16
Pablo	18	0	0	14	55	40	42	5	13	0
Sergio	5	3	13	17	16	0	21	105	18	4
Oscar	8	13	51	27	47	36	0	45	0	0
Antonio	29	2	15	77	89	99	0	38	23	8
Juan	29	5	8	34	3	37	18	27	0	19
Carlos	0	9	72	22	34	43	0	42	18	6
Arnoldo	22	12	0	0	16	27	1	23	11	9

Se localiza la posición del cero elegido en la novena matriz (matriz óptima) se recorre en el renglón de derecha a izquierda para determinar el origen, de abajo hacia arriba para establecer el destino, el valor de cada asignación se localiza en la matriz original (primera matriz) en la posición correspondiente al cero.

Décima matriz

Operarios	ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Luis	11	0	2	0	17	0	30	0	24	9
Jorge	5	3	27	40	0	59	40	35	27	1
Ignacio	14	9	4	28	12	25	58	0	13	16
Pablo	18	0	0	14	55	40	42	5	13	0
Sergio	5	3	13	17	16	0	21	105	18	4
Oscar	8	13	51	27	47	36	0	45	0	0
Antonio	29	2	15	77	89	99	0	38	23	8
Juan	29	5	8	34	3	37	18	27	0	19
Carlos	0	9	72	22	34	43	0	42	18	6
Arnoldo	22	12	0	0	16	27	1	23	11	9

3.1.4.3 Programa de asignación óptimo de operadores a tareas

Tomando como base los resultados obtenidos, se presentan en los siguientes cuadros la asignación óptima, de operarios para cada una de las actividades de producción, que permite la minimización de tiempo en la fabricación de cajas fúnebres.

Cuadro 2
Asignación óptima de
Operarios a tareas

Asignación Óptima			
No.	Operario	Tarea	Tiempo
1	Carlos	Trazar las medidas	122
2	Pablo	Cortar y cepillar la madera	90
3	Arnoldo	Armar la base	542
4	Jorge	Armar la parte inferior	742
5	Luis	Armar la parte superior	543
6	Sergio	Lijar la caja fúnebre	302
7	Antonio	Pintar la caja fúnebre con laca	800
8	Ignacio	Pintar la caja fúnebre con color y barniz	303
9	Juan	Forrar con tela el interior de la caja fúnebre	179
10	Oscar	Lustrar y empacar la caja fúnebre	18
Tiempo Total en minutos			3,641

Fuente: Elaboración propia, resultado final del desarrollo del modelo matemático de asignación

3.2 Informe de resultados

La investigación permitió establecer el tiempo óptimo necesario de 3,641 minutos para fabricar una caja fúnebre, mientras que anteriormente el tiempo de fabricación era de 3,840 minutos.

El modelo matemático de asignación permitió determinar el programa de asignación óptima la cual muestra al operario adecuado para cada una de las actividades de producción.

3.3 Beneficios de la implementación de la programación lineal

El beneficio para la fábrica al implementar el uso de la programación lineal en el desarrollo de sus operaciones es la minimización del tiempo en la fabricación de cajas fúnebres.

Cuadro 3
Cuadro comparativo del programa
de asignación óptimo

Antes	Después
3,840 minutos	3,641 minutos

Fuente: Elaboración propia con información de la investigación y el resultado final del desarrollo del modelo matemático de asignación.

CONCLUSIONES

Después de realizar los análisis, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. La primera hipótesis planteada se confirma, debido a que la gerencia no aplica un procedimiento técnico científico, que le permita evaluar las variables a su disposición, y hacer una eficiente asignación de trabajadores a tareas, para minimizar el tiempo de producción de una caja fúnebre.
2. A través del modelo propuesto de asignación se logra una minimización del tiempo en la fabricación de una caja fúnebre, lo que en un futuro permite el aumento de la producción.
3. La gerencia de la fábrica no realiza actividades de supervisión al personal, que le permita determinar posibles factores que afecten el proceso de fabricación.

RECOMENDACIONES

Conforme a las conclusiones, se recomienda lo siguiente

1. Realizar periódicamente mediciones de tiempo, conforme al modelo matemático de asignación anteriormente desarrollado, para alcanzar la eficiencia en el proceso de fabricación.
2. Tomar en cuenta los resultados obtenidos, en el capítulo II, para poder ubicar a cada trabajador en la actividad de producción que se indica.
3. Llevar un control a través de supervisiones periódicas de la producción, para detectar y determinar posibles inconvenientes; y así, poder elaborar un programa de capacitación acorde al tipo de tareas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Anderson D., Sweeney D., Williams T., Camm J., Martin K., Métodos Cuantitativos para los negocios. 11va. Edición. México, D.F., Cengage Learning, Inc., 2011. 880 páginas.
2. Eppen, G.D., Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa. 5ta. Edición. México, D.F., Prentice-Hall, 2000. 792 páginas.
3. Hillier Frederick, Lieberman Gerald. Introducción a la Investigación de Operaciones. 8va. Edición. México, D.F., McGraw-Hill, 2006. 1061 páginas.
4. Izar Landeta, Juan Manuel. Investigación de Operaciones. 2da. Edición. México, D.F., Trillas, 2012. 304 páginas.
5. Mathur Kamlesh, Solow Daniel. Investigación de Operaciones. Naucalpan de Juárez, México, Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., 1996. 977 páginas.
6. Thierauf, R. Toma de decisiones por medio de la Investigación de Operaciones. 6ta. Edición. México, D.F., Limusa, S.A. 560 páginas.

ANEXOS

ANEXO 1
GUÍA DE ENTREVISTA

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Administración de Empresas

GUÍA DE ENTREVISTA

1. ¿Podría mencionar brevemente la historia de la empresa?

2. ¿Cuál es la actividad principal de la empresa?

3. ¿Cuáles son los departamentos que conforman la empresa?

4. ¿Con cuántos colaboradores cuenta para fabricar las cajas fúnebres?

5. ¿Cuántas actividades son necesarias para la fabricación de cajas fúnebres?

6. ¿Podría indicarme cuál es el proceso de producción de una caja fúnebre?

7. ¿Cómo asignan al personal de producción para las actividades de fabricación de una caja fúnebre?

8. ¿Ha tenido algunos inconvenientes con el actual proceso de producción?

9. ¿Ha realizado mediciones de tiempo en el actual proceso de producción?

ANEXO 2
GUÍA DE BOLETA DE MEDICIÓN DE TIEMPO

Nombre del operario	
Actividad de producción	Tiempo en minutos
1. Trazar las medidas	
2. Cortar y cepillar la madera	
3. Armar la base	
4. Armar la parte superior	
5. Armar la parte inferior	
6. Lijar	
7. Pintar con laca	
8. Pintar con color y barniz	
9. Forrar	
10. Lustrar y empacar	
Total	

ANEXO 3

BOLETAS DE MEDICIÓN DE TIEMPO POR OPERARIO

Nombre del operario	Luis Hernández
Actividad de producción	Tiempo en minutos
1. Trazar las medidas	130
2. Cortar y cepillar la madera	87
3. Armar la base	549
4. Armar la parte superior	543
5. Armar la parte inferior	758
6. Lijar	299
7. Pintar con laca	830
8. Pintar con color y barniz	302
9. Forrar	200
10. Lustrar y empacar	22
Total	3,720

Nombre del operario	Jorge García
Actividad de producción	Tiempo en minutos
1. Trazar las medidas	125
2. Cortar y cepillar la madera	91
3. Armar la base	575
4. Armar la parte superior	584
5. Armar la parte inferior	742
6. Lijar	359
7. Pintar con laca	841
8. Pintar con color y barniz	338
9. Forrar	204
10. Lustrar y empacar	15
Total	3,874

Nombre del operario	Ignacio Figueroa
Actividad de producción	Tiempo en minutos
1. Trazar las medidas	134
2. Cortar y cepillar la madera	97
3. Armar la base	552
4. Armar la parte superior	572
5. Armar la parte inferior	754
6. Lijar	325
7. Pintar con laca	859
8. Pintar con color y barniz	303
9. Forrar	190
10. Lustrar y empacar	30
Total	3,816

Nombre del operario	Pablo Pérez
Actividad de producción	Tiempo en minutos
1. Trazar las medidas	140
2. Cortar y cepillar la madera	90
3. Armar la base	550
4. Armar la parte superior	560
5. Armar la parte inferior	799
6. Lijar	342
7. Pintar con laca	845
8. Pintar con color y barniz	310
9. Forrar	192
10. Lustrar y empacar	16
Total	3,844

Nombre del operario	Sergio López
Actividad de producción	Tiempo en minutos
1. Trazar las medidas	127
2. Cortar y cepillar la madera	93
3. Armar la base	563
4. Armar la parte superior	563
5. Armar la parte inferior	760
6. Lijar	302
7. Pintar con laca	824
8. Pintar con color y barniz	410
9. Forrar	197
10. Lustrar y empacar	20
Total	3,859

Nombre del operario	Oscar Tancar
Actividad de producción	Tiempo en minutos
1. Trazar las medidas	132
2. Cortar y cepillar la madera	105
3. Armar la base	603
4. Armar la parte superior	575
5. Armar la parte inferior	793
6. Lijar	340
7. Pintar con laca	805
8. Pintar con color y barniz	352
9. Forrar	181
10. Lustrar y empacar	18
Total	3,904

Nombre del operario	Antonio Pereira
Actividad de producción	Tiempo en minutos
1. Trazar las medidas	148
2. Cortar y cepillar la madera	89
3. Armar la base	562
4. Armar la parte superior	620
5. Armar la parte inferior	830
6. Lijar	398
7. Pintar con laca	800
8. Pintar con color y barniz	340
9. Forrar	199
10. Lustrar y empacar	21
Total	4,007

Nombre del operario	Juan Álvarez
Actividad de producción	Tiempo en minutos
1. Trazar las medidas	151
2. Cortar y cepillar la madera	95
3. Armar la base	558
4. Armar la parte superior	580
5. Armar la parte inferior	747
6. Lijar	339
7. Pintar con laca	821
8. Pintar con color y barniz	332
9. Forrar	179
10. Lustrar y empacar	35
Total	3,837

Nombre del operario	Carlos Sian
Actividad de producción	Tiempo en minutos
1. Trazar las medidas	122
2. Cortar y cepillar la madera	99
3. Armar la base	622
4. Armar la parte superior	568
5. Armar la parte inferior	778
6. Lijar	345
7. Pintar con laca	803
8. Pintar con color y barniz	347
9. Forrar	197
10. Lustrar y empacar	22
Total	3,903

Nombre del operario	Arnoldo Muñoz
Actividad de producción	Tiempo en minutos
1. Trazar las medidas	136
2. Cortar y cepillar la madera	94
3. Armar la base	542
4. Armar la parte superior	538
5. Armar la parte inferior	752
6. Lijar	321
7. Pintar con laca	796
8. Pintar con color y barniz	320
9. Forrar	182
10. Lustrar y empacar	17
Total	3,698