

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

**“MODELO MATEMÁTICO DETERMINÍSTICO SIMPLEX PARA OPTIMIZAR
LOS RECURSOS EN UNA DISTRIBUIDORA DE MATERIA PRIMA PARA
CALZADO EN LA CIUDAD DE GUATEMALA”**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

POR:

SIGRID NOHEMI GALICIA PÉREZ

PREVIO A CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

ADMINISTRADORA DE EMPRESAS

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADA

GUATEMALA, JUNIO DE 2013

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

DECANO:	Lic. José Rolando Secaida Morales
SECRETARIO:	Lic. Carlos Roberto Cabrera Morales
VOCAL I:	Lic. Albaro Joel Girón Barahona.
VOCAL II:	Lic. Carlos Alberto Hernández Gálvez
VOCAL III:	Lic. Juan Antonio Gómez Monterroso
VOCAL III:	P.C. Oliver Augusto Carrera Leal
VOCAL V:	P.C. Walter Obdulio Chiguichón Boror

EXAMINADORES DE AREAS PRACTIVAS BASICAS

Matemática-Estadística	Lic. Carlos Humberto Cifuentes Ramírez
Administración-Finanzas	Lic. Jaime René Ocampo Muralles
Mercadotecnia-Operaciones	Lic. Vicente Freixas Pérez

JURADO QUE PRACTICÓ EL EXAMEN PRIVADO DE TESIS

PRESIDENTE:	Lic. Axel Osberto Marroquín Reyes
SECRETARIO:	Lic. Oscar Haroldo Quiñónez Porras
EXAMINADOR:	Lic. Elvis Roberto Xicará Hernández

Guatemala, 17 de octubre de 2012

Licenciado

José Rolando Secaída Morales

Decano de la Facultad de Ciencias Económicas

Universidad de San Carlos de Guatemala

Su despacho

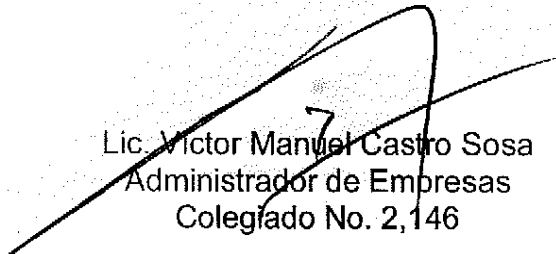
Señor Decano:

De conformidad al nombramiento emitido por ese Decanato, de seis de septiembre de dos mil doce, informo a usted que he realizado las actividades de asesoría, revisión y discusión del contenido del trabajo de tesis denominado: **“MODELO MATEMÁTICO DETERMINÍSTICO SIMPLEX PARA OPTIMIZAR LOS RECURSOS EN UNA DISTRIBUIDORA DE MATERIA PRIMA PARA CALZADO EN LA CIUDAD DE GUATEMALA”**, elaborado por la estudiante: **Sigrid Nohemi Galicia Pérez.**

La tesis cumple con las normas y requisitos académicos necesarios y constituye un aporte valioso para la facultad.

Con base en lo anterior emito dictamen favorable a efecto que se realicen los trámites correspondientes, previo a obtener el título de Administradora de Empresas en el grado académico de Licenciada.

Atentamente,


Lic. Victor Manuel Castro Sosa
Administrador de Empresas
Colegiado No. 2,146



FACULTAD DE
CIENCIAS ECONOMICAS

Edificio "S-8"
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

**DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS. GUATEMALA,
VEINTIDOS DE JULIO DE DOS MIL TRECE.**

Con base en el Punto QUINTO, inciso 5.4, subinciso 5.4.1 del Acta 8-2013 de la sesión celebrada por la Junta Directiva de la Facultad el 7 de junio de 2013, se conoció el Acta ADMINISTRACION 288-2012 de aprobación del Examen Privado de Tesis, de fecha 22 de noviembre de 2012 y el trabajo de Tesis denominado: "MODELO MATEMÁTICO DETERMINÍSTICO SIMPLEX PARA OPTIMIZAR LOS RECURSOS EN UNA DISTRIBUIDORA DE MATERIA PRIMA PARA CALZADO EN LA CIUDAD DE GUATEMALA", que para su graduación profesional presentó la estudiante SIGRID NOHEMI GALICIA PÉREZ, autorizándose su impresión.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


LIC. CARLOS ROBERTO CABRERA MORALES
SECRETARIO




LIC. JOSE ROLANDO SECAIDA MORALES
DECANO



Smp.


Ingrid
NEVISALVO

DEDICATORIA

A ti, Dios mío: Por demostrarme tu inmenso amor, enseñarme el camino de la vida junto a ti y hacerme saber que soy una de tus princesas consentidas, porque en cada caída me levantaste y me diste fuerzas, tu amor me llevo a cumplir uno de mis sueños.

Mi papi: **Sami Roberto Ariel Galicia Soto (Q.E.P.D)**
Que desde lo más alto me ilumino, siendo siempre mi inspiración, ahora con orgullo grito al cielo para que escuche que este logro es para mi ángel. (Te amo papi)

Mi mami: **Ruth Nohemi Pérez Salvador**
Por ser un pilar fundamental en mi vida, por creer en mí, por tu amor, consejos, valores, motivarme siempre para lograr mis metas, por estas y muchas razones más.
(Te amo mami)

A mis hermanos: **Toty, Sami, Luisfer**
Porque estuvimos en buenos y malos momentos, pero con la bendición de Dios salimos siempre adelante, con todo mi corazón.

A mis abuelitos: **Agustina Salvador, Esperanza Soto y Francisco Galicia (Q.E.P.D)** Ahora desde el cielo ven mis triunfos y se sienten orgullosos de su nieta que los quiere y extraña mucho.
Pedro Pérez: viejito lindo que me diste tu amor incondicional.

Familia Galicia: Por estar en todo momento, apoyarnos y brindarnos su cariño, en especial a mi tío Otto y tío Mario.

Familia Pérez: Por estar en buenos y no tan buenos momentos y brindarnos su cariño incondicional en especial a tío Eddy y tía Norma.

A mis primas: Por el cariño y el apoyo incondicional que mi triunfo sea ejemplo, en especial a Gaby Perez, Maria, Yamilet y Carola.

A mi madrina: Licda. Guicela Mariza Galicia Soto, por brindarme su tiempo y cariño.

Lic. Oscar Quiñonez: Por ser un ejemplo a seguir de perseverancia y excelencia, por brindar sus sabios consejos y mostrar siempre el profesionalismo.

A mis amigos y colegas: Que nos apoyamos en nuestra formación profesional y que nuestra amistad dure por siempre, en especial a: Dina, Dinhora, Loida, Maribel, Vivi, Rosa, Francisco, Claudia, Ely.

A la

UNIVERSIDAD

DE SAN CARLOS

DE GUATEMALA:

Que me permitió desarrollarme como profesional.

ÍNDICE

Contenido	Pág.
INTRODUCCIÓN	i
CAPÍTULO I	
Marco Teórico	
1.1 Investigación de operaciones	1
1.1.1 Problemas determinísticos	2
1.1.2 Problemas estocásticos	3
1.2 Metodología de la investigación de operaciones	3
1.2.1 Definición del problema	4
1.2.2 Desarrollo del modelo matemático y recolección de datos	4
1.2.2.1 Requerimientos	5
1.2.2.2 Prueba de optimalidad	6
1.2.3 Resolución del modelo matemático	6
1.2.3.1 Métodos óptimos	6
1.2.3.2 Métodos heurísticos	7
1.2.4 Validación, instrumentación y control de la solución	7
1.2.5 Modificación del modelo	7
1.3 Programación lineal	8
1.3.1 Método gráfico	9
1.3.2 Método simplex	10
1.3.2.1 Maximizar	10
1.3.2.2 Minimizar	11
1.3.2.3 No negatividad de las variables	11
1.3.2.4 Solución básica factible	11
1.3.2.5 Pasos para maximización del método simplex	12
1. Identificar los datos	12
a) Objetivo	12
b) Variables de decisión	13

Contenido	Pág.
c) Restricciones	13
2. Plantear el problema	14
3. Definición de la función objetivo	15
4. Definir restricciones en forma de desigualdad	15
5. Convertir desigualdades restrictivas en igualdades	16
6. Construir el primer tablero simplex	17
7. Determinar columna pivote (CP)	17
8. Encontrar elemento pivote (EP)	18
9. Convertir en uno el elemento pivote	19
10. Convertir en cero los restantes valores de los elementos de la columna pivote	19
11. Verificar resultados	20
12. Comprobación de la función objetivo	20
13. Comprobar restricciones	21
14. Conclusión	21
1.4 Proveedor	22
1.5 Cliente	22
1.6 Producto	22
1.6.1 Definiciones de productos en estudio	22
1.6.1.1 Espuma PVC	22
1.6.1.2 Contrafuerte	24
1.6.1.3 Forro	25
CAPÍTULO II	
Situación actual de la distribuidora	
Metodología de la investigación	26
2.1 Generalidades de la distribuidora	27
2.1.1 Antecedentes generales	27

Contenido	Pág.
2.1.2 Función principal	28
2.1.3 Servicios que presta	28
2.2 Organización de la distribuidora	29
2.2.1 Organigrama general	29
2.2.2 Organigrama funcional	32
2.2.3 Organigrama nominal	33
2.3 Generalidades de administración	34
2.3.1 Distribución	36
2.3.2 Costos	40
2.3.2.1 Espuma pvc	40
2.3.2.2 Contrafuerte	41
2.3.2.3 Forro	41
2.3.3 Recursos humanos	42
2.3.3.1 Mano de obra de espuma	45
2.3.3.2 Mano de obra de contrafuerte	46
2.3.3.3 Mano de obra de forro	46
2.3.4 Recursos físicos	48
2.3.5 Espacio disponible para los productos	50
2.3.6 Proveedores	52
2.3.7 Clientes	52
2.4 Productos	53
2.4.1 Producto de espuma PVC	56
2.4.1.1 Distribución	56
2.4.1.2 Peso	56
2.4.2 Producto contrafuerte	57
2.4.2.1 Distribución	57
2.4.2.2 Peso	57
2.4.3 Producto forro	57

Contenido	Pág.
2.4.3.1 Distribución	58
2.4.3.2 Peso	58
2.5 Disponibilidad de recursos	58
CAPÍTULO III	
Aplicación del modelo matemático determinístico simplex	
3.1 Objetivos	60
3.1.1 General	60
3.1.2 Específicos	60
3.2 Definir el problema	61
3.3 Desarrollo del modelo matemático	61
3.3.1 Identificar datos	62
3.3.2 Variables de decisión	62
3.3.3 Restricciones	62
3.3.3.1 Forma del signo	63
3.4 Planteamiento del problema	64
3.5 Aplicación del modelo matemático simplex	64
3.5.1 Importancia del desarrollo del modelo simplex	64
3.6 Definir función objetivo	65
3.6.1 Definir las restricciones en forma de desigualdades o inecuaciones	65
3.6.2 Convertir las desigualdades en igualdades agregando variables de holgura (h)	66
3.6.3 Construir el primer tablero simplex	66
3.6.4 Elección columna pivote	67
3.6.5 Convertir en uno el valor del elemento pivote	69
3.6.6 Convertir en cero los valores restantes de la columna pivote	70
3.6.6.1 Solución óptima	72

Contenido	Pág.
3.6.7 De ser necesaria la reiteración del tablero simplex	72
3.7 Encontrar la combinación óptima	73
3.7.1 Combinación óptima	73
3.8 Comprobar la función del objetivo	74
3.9 Comprobar en las desigualdades	75
3.10 Respuesta final	76
3.11 Control del método simplex	77
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS	82

ÍNDICE DE CUADROS

No.	Descripción	Pág.
1	Ejemplo simplex maximización	15
2	Compra de rollos de productos en el segundo semestre del 2011 y el primer cuatrimestre del 2012	35
3	Control de bodega, distribución de producto	36
4	Volumen de venta de productos del segundo semestre 2011 al primer cuatrimestre del 2012	38
5	Costo, precio de venta y utilidades por rollo de espuma pvc	40
6	Costo, precio de venta y utilidades por rollo de contrafuerte	41
7	Costo, precio de venta y utilidades por rollo de forro	42
8	Tiempo de mano de obra para empacar un rollo de espuma	45
9	Tiempo de mano de obra para empacar un rollo de contrafuerte	46
10	Tiempo de mano de obra para empacar un rollo de forro	47
11	Margen de rentabilidad de los productos que mas movimiento han tenido en el segundo semestre del 2011 y el primer cuatrimestre del 2012	54
12	Disponibilidad de recursos	58
13	Planteamiento del problema	64
14	Control simplex	77

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	Descripción	Pág.
1	Presentación de un rollo de espuma PVC	23
2	Presentación de un rollo de contrafuerte	24
3	Presentación de un rollo de forro	25
4	Organigrama general de la distribuidora	30
5	Organigrama funcional de la distribuidora	32
6	Organigrama nominal de la distribuidora	33
7	Distribución física de las oficinas de la empresa	49
8	Distribución del espacio de bodega por productos	51

ÍNDICE DE GRÁFICAS

No.	Descripción	Pág.
1	Comportamiento de las ventas de los productos del periodo julio 2011 a abril 2012	39
2	Utilidad de los productos contrafuerte, forro y espuma en el periodo de julio a abril 2012	55

INTRODUCCIÓN

Hoy en día las empresas juegan un papel importante en la economía del país y para la sociedad como fuente generadora de ingresos para las familias, por lo tanto, los empresarios tienen una responsabilidad grande que estimula a permanecer en crecimiento constante en el mercado para contribuir al logro de sus objetivos a corto mediano y largo plazo; para mantenerse en el mercado es necesario atender a las necesidades del cliente y lograr una fidelidad, esta situación preocupa el manejo de recursos ya que no se pueden desaprovechar limitando su utilización, esto hace necesaria la búsqueda de soluciones factibles mediante un modelo matemático.

Es así como se propone el presente trabajo, “MODELO MATEMÁTICO DETERMINÍSTICO SIMPLEX PARA OPTIMIZAR LOS RECURSOS EN UNA DISTRIBUIDORA DE MATERIA PRIMA PARA CALZADO EN LA CIUDAD DE GUATEMALA” para la empresa objeto de estudio, que integrado con una adecuada administración genere mejores resultados, sabiendo que los métodos cuantitativos constituyen herramientas fundamentales en la optimización y maximización de recursos.

El estudio consta de tres capítulos, en el primero se detalla los términos básicos necesarios a utilizar como base para implementar el modelo matemático simplex, el segundo capítulo expone los antecedentes de la empresa y la situación actual, tomando los datos requeridos para implementar el modelo matemático; el último capítulo presenta la aplicación del modelo matemático simplex al problema que se desea resolver y así optimizar las ganancias de la empresa. Finalmente, se incluyen las conclusiones como resultado del análisis realizado y las respectivas recomendaciones, seguidas por la descripción de la bibliografía consultada.

CAPÍTULO I

Marco teórico

El marco teórico tiene como propósito fundamentar los principales conceptos, definiciones y categorías, necesarias para la comprensión amplia del problema a investigar, reunir y explicar los elementos conceptuales y teorías sobre el tema. En general este capítulo se considera valioso para el correcto manejo de conceptos que servirán de base para el desarrollo y comprensión de todo el trabajo de tesis. Además se utilizarán como marco de referencia para la interpretación de los resultados y para sustentar la propuesta de investigación.

1.1 Investigación de operaciones

La investigación de operaciones es una rama de las matemáticas, enfocada al estudio de modelos matemáticos, estadística y algoritmos, con el objetivo de ayudar al proceso de toma de decisiones; Esta herramienta está diseñada para contribuir a resolver problemas complejos de sistemas reales, con la finalidad de mejorar su funcionamiento.

La investigación de operaciones contribuye en la determinación más efectiva de utilizar los recursos limitados en la toma de decisiones, teniendo en cuenta la escasez para optimizar un objetivo definido, con sus dos formas de optimización, maximización o minimización de las variables en estudio.

“El uso de las matemáticas y las computadoras ayuda a tomar decisiones racionales frente a problemas de administración complejos.” (4:2)

Básicamente, la investigación de operaciones trata de estudiar sistemas reales de información que utilizan las empresas con la finalidad de mejorar su funcionamiento, permitiendo analizar cada decisión, aprovechando al máximo las restricciones, para determinar de manera óptima la maximización o minimización, según sea necesario.

De tal manera, esta disciplina proporciona herramientas que permiten el estudio adecuado de las necesidades de la empresa y la planificación del sistema actual, con el fin de plantear alternativas que sean óptimas para su adecuado funcionamiento.

Las técnicas de la administración se aplican para resolver los problemas de investigación de operaciones, los problemas se clasifican en determinísticos y estocásticos.

1.1.1 Problemas determinísticos

Son los problemas donde la información se conoce para obtener una solución con certeza, y las mismas entradas producirán invariablemente las mismas salidas, no se contempla la existencia del azar ni el principio de incertidumbre. “En los que toda la información necesaria para obtener una solución se conoce con certeza”. (4:3) Caracteriza los procesos en los cuales un conjunto de sucesos variables produce exactamente los mismos valores cada vez que ese proceso se repite, es decir, se conoce de manera puntual el resultado, ya que no hay incertidumbre y los datos utilizados para sustentar el modelo son conocidos y determinados.

1.1.2 Problemas estocásticos

El término estocástico hace referencia a la teoría de la probabilidad. Son los problemas en que una parte de la información no se conoce con certeza, se verifican bajo incertidumbre y cada alternativa del problema tiene varias soluciones, sin embargo, se ignora con qué probabilidad o distribución probabilística ocurrirán estas soluciones. “En los que parte de la información necesaria no se conoce con certeza, sino mas bien se comporta de una manera probabilística.” (4:3)

Por lo tanto, en los problemas determinísticos no juegan ningún papel el azar ni el principio de incertidumbre, mientras que los problemas estocásticos se verifican bajo incertidumbre, de ahí la importancia de la investigación de operaciones para disponer de elementos cuantitativos que permitan encontrar las mejores soluciones y lograr optimizar los recursos.

1.2 Metodología de la investigación de operaciones

Consiste en examinar la totalidad de las áreas que es responsabilidad del administrador, lo cual permite que la investigación de operaciones observe los efectos de las acciones de cada área y los factores fuera de la empresa donde se localiza el problema, es decir, toma en cuenta factores externos que podrían afectar, como la competencia, lo que puede permitir resolverlo y no sólo detectar sus síntomas. “El uso de métodos cuantitativos para solucionar problemas, generalmente implica a mucha gente de toda la organización, los individuos de un equipo de proyectos proporcionan información de sus áreas respectivas respecto a diversos aspectos del problema.” (4: 4)

La investigación de operaciones proporciona a los tomadores de decisiones, bases cuantitativas para seleccionar mejores soluciones y optimizar sus recursos, se detalla a continuación cada uno de los pasos de la metodología a utilizar en la investigación de operaciones.

1.2.1 Definición del problema

El primer paso es identificar y describir en términos precisos las deficiencias, efectos y consecuencias que la empresa enfrenta, para tener una visión de la situación actual. No puede haber solución si no se tiene claro el problema que enfrenta la organización. “En la segunda fase, el grupo de I.O. define el verdadero problema determinando aquellos factores que lo afectan, tales como variables, limitaciones y suposiciones.” (8:42)

1.2.2 Desarrollo del modelo matemático y recolección de datos

Después de que el problema está claramente definido y comprendido, el siguiente paso es expresar el problema en una forma matemática, esto se refiere a la formulación de un modelo matemático.

Luego de construir el modelo se procede a encontrar alternativas para dar respuesta y cumplir con el objetivo. Para dar solución es necesario utilizar técnicas matemáticas, para ello existen dos métodos en la programación lineal, que se utiliza para dar soluciones óptimas, llamados método gráfico y método simplex. Es importante manejar y conocer adecuadamente el uso de algunos conceptos de variables involucradas en todo el proceso de investigación de operaciones, para poder aplicarlos correctamente, y es conveniente aclarar las mismas antes de utilizarlas, para poder interpretar los resultados.

1.2.2.1 Requerimientos

Los requerimientos son cantidades numéricas conocidas como restricciones en valores, es decir, son las limitaciones que se deben cumplir con ciertas variables para su buen funcionamiento y se formulan dentro del planteamiento del problema, en su caso pueden ser mayores que (\geq) o menores que (\leq), según sea necesario. Para todos los requerimientos el signo debe ser homogéneo, por lo tanto, para una maximización el signo a utilizar es (\geq) y para una minimización es (\leq).

Ejemplo: restricción expresada en forma matemática: $X_1 + X_2 + X_3 \leq C_1$

Si el signo de las restricciones no fuera homogéneo se procede a realizar lo siguiente:

Toda la restricción debe multiplicarse por (-1).

Con respecto al ejemplo anterior: $X_1 + X_2 + X_3 \geq C_1$ (-1)

Entonces: $-X_1 - X_2 - X_3 \leq -C_1$

La multiplicación da como resultado una restricción negativa, con signo cambiado al original, en el momento de comprobar los resultados es necesario tomar la restricción matemática en su forma original.

1.2.2.2 Prueba de optimalidad

“La solución BF es óptima si y solo si todos los coeficientes del renglón 0 son no negativos (≥ 0). Si es así, el proceso se detiene; de otra manera, sigue a una iteración para obtener la siguiente solución BF, que incluye cambiar una variable no básica en básica y viceversa y después despejar la nueva solución.” (5:118)

El objetivo de la prueba de optimalidad es verificar si una solución obtenida es óptima o no, si todos los valores son mayores o iguales a cero la solución es óptima, si uno o más valores son menores que cero es posible otra iteración que proporcione el mejor resultado.

1.2.3 Resolución del modelo matemático

Formulado el modelo matemático, se procede a dar respuesta al problema establecido, es decir, obtener valores numéricos para las variables de decisión, identificados los datos se podrá elegir una técnica apropiada de solución. La clasificación de los métodos según información de entrada, pueden ser óptimos ó heurísticos.

1.2.3.1 Método óptimo

“Producen los mejores valores para las variables de decisión, es decir, aquellos valores que satisfacen simultáneamente todas las limitaciones y proporcionan el mejor valor para la función objetivo”. (4:6)

1.2.3.2 Método heurístico

“Producen valores para las variables que satisfacen todas las limitaciones. Aunque no necesariamente óptimos, estos valores proporcionan un valor aceptable para la función objetiva.” (4:6)

1.2.4 Validación, instrumentación y control de la solución

“El modelo es válido si, bajo condiciones similares de entrada, reproduce el desempeño que se conoce. Sin embargo, por lo general no hay una seguridad de que el desempeño futuro seguirá duplicando el comportamiento conocido. Además, debido a que por lo común el modelo se basa en un examen cuidadosamente de los datos pasados, la comparación propuesta debe ser favorable. Si el modelo propuesto está representando un nuevo sistema, no habrá datos históricos disponibles para hacer la comparación. En tales casos, podemos recurrir al empleo de la simulación como un instrumento independiente para verificar el resultado del modelo matemático.” (7:6) Después de resolver el problema, es importante validar la solución para que éstos tengan sentido y las decisiones resultantes puedan llevarse a cabo.

1.2.5 Modificación del modelo

Si en el proceso de validación se encuentra que la solución no puede llevarse a cabo, se pueden identificar limitaciones que fueron omitidas durante la formulación del problema original, y puede evidenciarse que algunas de las limitaciones originales fueron incorrectas y necesitan modificarse. En este caso se debe regresar al planteamiento del problema y hacer cuidadosamente las modificaciones apropiadas para reflejar con más exactitud el problema real e iniciar nuevamente con la metodología.

La modificación del modelo permite redefinir variables de estudio en la definición del problema, e implementar correctamente un modelo matemático para dar solución a la problemática y cumplir con la metodología de la investigación de operaciones, que es parte fundamental para el administrador en el cumplimiento de los objetivos para la empresa.

La investigación de operaciones consiste en examinar de forma sistemática todas las áreas a cargo de un administrador, de forma que pueda determinar dónde está el problema, la base cuantitativa a través de los cálculos respectivos permitirá visualizar las modificaciones que deban ser realizadas para lograr un cambio eficaz en la empresa en estudio. Los resultados del modelo matemático, en combinación con la experiencia y conocimiento del administrador, permiten planear, organizar, dirigir y controlar las actividades de la empresa.

1.3 Programación lineal

“La programación lineal usa un modelo matemático para describir el problema de interés. El adjetivo lineal significa que se requiere que todas las funciones matemáticas en este modelo sean funciones lineales. La palabra programación no se refiere aquí a la programación de computadoras; más bien es esencialmente un sinónimo de planificación.

Así mismo, la programación lineal es una técnica para resolver problemas de forma matemática, para optimizar los resultados y trata de maximizar o minimizar un objetivo. Su principal interés es tomar decisiones óptimas, lo que hace necesario definir el modelo matemático a utilizar y determinar los parámetros, variables de decisión y las restricciones para solucionar el problema y cumplir con el objetivo establecido.

Por lo tanto la programación lineal comprende la planificación de actividades para obtener un resultado “óptimo”, es decir, un resultado que alcance la meta especificada en la mejor forma entre todas las alternativas factibles.” (5: 15)

La programación lineal constituye un importante campo de la optimización por varias razones, muchos problemas prácticos de la investigación de operaciones pueden plantearse como problemas de la programación lineal, es muy usada en la administración de empresas, ya sea para aumentar al máximo los ingresos o reducir al mínimo los costos de un sistema de producción. Entre los modelos para mostrar la solución de programación lineal, se tiene el método gráfico y el método simplex.

1.3.1 Método gráfico

“El fin que se busca con el método gráfico es dar un conocimiento intuitivo de los conceptos que se usan en el método simplex. El procedimiento general que se sigue es el de convertir una situación descriptiva en la forma de un problema de programación lineal decidiendo que representa todas las variables, las constantes, la función objetivo y las limitaciones en una situación determinada. El problema se presenta luego en forma gráfica y se interpreta.” (2:154)

La resolución de problemas lineales con sólo dos variables de decisión se puede ilustrar gráficamente, mostrándose como una ayuda visual para comprender muchos de los conceptos y términos que se utilizan. El método gráfico es utilizado en varios problemas de programación lineal, teniendo una característica fundamental, dos variables en estudio representando una solución gráfica y óptima. Dependiendo de su función objetivo, puede ser minimizar o maximizar.

1.3.2 Método simplex

“El método simplex en realidad es un algoritmo. De hecho, cualquier procedimiento iterativo de solución es un algoritmo. Por consiguiente, un algoritmo es sencillamente un proceso en el que se repite un procedimiento sistemático una y otra vez hasta que se obtiene el resultado que se desea.” (5:32). El método Simplex respecto a otros métodos es más complejo en cuanto a sistemas reales, permite ir mejorando la solución a cada paso, con tres o más variables de decisión hasta encontrar la solución óptima. El proceso concluye cuando no es posible mejorar dicha solución, partiendo del valor de la función objetivo se puede maximizar o minimizar.

1.3.2.1 Maximizar

Es el procedimiento donde los factores, variables de decisión y restricciones dan la óptima solución con una simple característica de maximizar la función objetivo. Para una maximización en el método simplex, se debe utilizar como característica esencial el signo menor o igual que, expresado en forma matemática como “ \leq ”, el signo debe ser homogéneo para todos los requerimientos y dar solución al planteamiento del problema, esta característica fundamental, indica que las restricciones deben ser menores o igual a los requerimientos establecidos, para cumplir con la función de maximizar lo asignado.

1.3.2.2 Minimizar

Es el procedimiento donde los factores, variables de decisión y restricciones dan la óptima solución con una simple característica de minimizar la función objetivo.

Para una minimización en el método simplex, se debe utilizar como característica esencial el signo mayor o igual que, expresado en forma matemática como " \geq ", el signo debe ser homogéneo para todos los requerimientos y dar solución al planteamiento del problema, esta característica fundamental, indica que las restricciones deben ser mayores o igual a los requerimientos establecidos, para cumplir con la función de minimizar lo asignado.

1.3.2.3 No negatividad de las variables

En la mayoría de los problemas de la vida real, las variables representan cantidades físicas, éstas no deben ser negativas porque representan cantidades físicas reales, ya que no es posible que exista el signo negativo en cantidades reales.

1.3.2.4 Solución básica factible

Una solución básica factible es el valor que satisface todas las restricciones de variables, que se forman en el planteamiento del problema para encontrar el más favorable. "En este caso, la solución única resultante incluye una solución básica. Si todas las variables asumen valores no negativos, entonces la solución básica es factible." (7:70)

1.3.2.5 Pasos para maximización del método simplex

La forma estándar del método simplex permite dar una visualización de la información o datos que se posee de la unidad de análisis para luego, ser ordenados y procesados debidamente en el sistema matemático creado.

Se detallan los pasos a seguir para darle solución al modelo matemático simplex.

1. Identificar los datos

Los datos se obtienen de la información y son útiles en la definición del problema, que permiten ser estudiados y analizados para poder determinar el método adecuado a implementar, que son fundamentales para determinar la solución.

a) Objetivo

La función objetivo es lo que se pretende lograr con la implementación del modelo matemático, según sea el caso puede ser maximización o minimización, utilizando variables de decisión como limitantes. “El objetivo global de un problema de decisión expresado en una forma matemática en términos de los datos y de las variables de decisión.” (4:5) Para las variables puede ser una Maximización o Minimización se utiliza “Z”

La función objetivo expresada en forma matemática

$$\text{FO: Max o Min } Z = X_1 + X_2 + X_n$$

b) Variables de decisión

“Una cantidad cuyo valor se puede controlar y es necesario determinar para solucionar un problema de decisión” (4:5) Las variables son asignaciones con características distintivas que se establecen para diferenciar un elemento de otro en estudio, cuyo valor se puede establecer. Estas variables de decisión también se denominan variables controlables, porque se tiene cierto control sobre sus valores y son de mucha utilidad para darle solución al problema. Para las variables de decisión se utiliza la expresión “ X_n ”.

c) Restricciones

“Una restricción sobre los valores de variables en un modelo matemático típicamente impuestos por condiciones externas.” (4:5)

Las limitaciones o mejor conocidas como restricciones, representan los límites del escenario de la situación planteada, y son los valores de las variables asignadas en un modelo matemático, que deben cumplir con requerimientos que la empresa asigna para obtener su valor.

“La presencia de limitaciones, o restricciones, limita el grado al cual se puede lograr el objetivo.” (6:160)

A continuación se presentan ejemplos de algunas restricciones de materias primas.

- El costo de las materias primas es de Q233,000 como máximo.
Costo \leq Q233,000, indica que se utiliza dicha cantidad o menos.
- La mano de obra utilizada es de como mínimo 500 minutos al mes.
Mano de obra \geq 500, indica que se utiliza dichos minutos o más.

2. Plantear el problema

“La forma tabular del método simplex registra solo la información esencial, a saber: 1) los coeficientes de las variables, 2) las constantes del lado derecho de la ecuación y 3) la variable básica que aparece en cada ecuación. Esta forma evita tener que escribir los símbolos de las variables en cada ecuación pero es más importante el hecho de que permite hacer hincapié en los números que se usan en los cálculos aritméticos y registrarlos en forma muy compacta”. (5: 117)

La solución de programas lineales mediante el método simplex implica la realización de gran cantidad de cálculos, sobre todo cuando el número de variables y/o restricciones es relativamente elevado, sin embargo, estos cálculos pueden realizarse de modo sistemático utilizando una forma tabular, como el ejemplo que se presenta a continuación.

Cuadro 1
Ejemplo simplex maximización

Restricciones	Por cada rollo			Requerimiento en tiempo	Signo
	Lona X ₁	Seda X ₂	Satín X ₃		
Almacenamiento	1 min	1 min	1 min	400 minutos	≤
Revisión	2 min	3 min	5 min	1400 minutos	≤
Empaque	1 min	2 min	2 min	700 minutos	≤
Utilidad	Q 10	Q 15	Q 20		

Fuente: elaboración propia, mayo 2012.

3. Definición de la función objetivo

$$\text{F.O. MaxZ} = 10X_1 + 15X_2 + 20X_3$$

4. Definir restricciones en forma de desigualdad

Luego de plantear el problema se procede a establecer las restricciones en forma de desigualdad para darle solución al modelo matemático simplex. Se establece la relación entre dos expresiones que no son iguales, con frecuencia se escriben con los símbolos \geq o \leq que significan, mayor o igual que y menor o igual que, respectivamente.

- 1) $X_1 + X_2 + X_3 \leq 400$
- 2) $2X_1 + 3X_2 + 5X_3 \leq 1400$
- 3) $X_1 + 2X_2 + 2X_3 \leq 700$
- 4) $X_1; X_2 \ \& \ X_3 \geq 0$

5. Convertir desigualdades restrictivas en igualdades

Mediante ciertas manipulaciones matemáticas se puede transformar el problema, de una forma a otra equivalente, dichas manipulaciones son realmente útiles, para la adaptación del modelo matemático, en esta parte se procede a convertir las desigualdades en igualdades agregando variables de holgura (H).

$$1) X_1 + X_2 + X_3 + H_1 = 400$$

$$2) 2X_1 + 3X_2 + 5X_3 + H_2 = 1400$$

$$3) X_1 + 2X_2 + 2X_3 + H_3 = 700$$

Variable de holgura

“Para las restricciones del tipo (\leq), el lado derecho por lo común representa el límite sobre la disponibilidad de un recurso y el lado izquierdo representa el empleo que hacen de esos recursos limitados las diferentes actividades del modelo. De manera que una holgura representa la cantidad en la cual la cantidad disponible del recurso excede al empleo que le dan las actividades.” (7:21)

6. Construir el primer tablero simplex

Se procede a tomar los coeficientes y las constantes de las igualdades para constituir el primer tablero simplex y en el último renglón incluir los coeficientes de la función objetivo igualada a cero.

Primer tablero

X1	X2	X3	H1	H2	H3	Z	C
1	1	1	1	0	0	0	400
2	3	5	0	1	0	0	1400
1	2	2	0	0	1	0	700
-10	-15	-20	0	0	0	1	0

Fuente: elaboración propia, mayo 2012.

7. Determinar columna pivote (CP)

Para identificar la columna se debe localizar el elemento de menor valor ubicado en la fila de la función objetivo, se ejemplifica en el siguiente tablero.

Primer tablero, elección columna pivote

X1	X2	X3	H1	H2	H3	Z	C
1	1	1	1	0	0	0	400
2	3	5	0	1	0	0	1400
1	2	2	0	0	1	0	700
-10	-15	-20	0	0	0	1	0

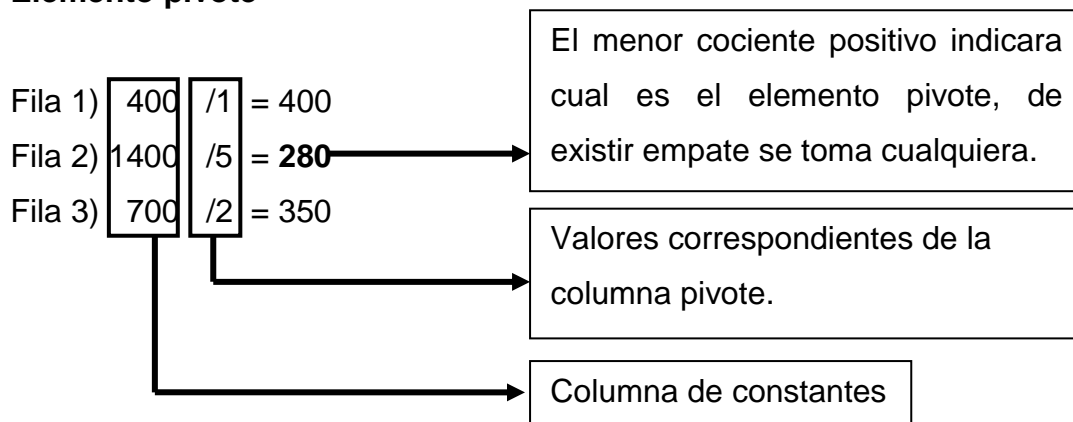
(CP) →

Fuente: elaboración propia, mayo 2012.

8. Encontrar elemento pivote (EP)

Para encontrar el elemento pivote se divide cada uno de los valores de la columna de constante (C), entre los valores correspondientes de la columna pivote, considerando que no se pueden tomar los valores negativos y valores cero, el elemento pivote es el menor cociente positivo.

Elemento pivote



Por lo anterior se establece que el elemento pivote es el valor 5.

Primer tablero, elección elemento pivote

	X1	X2	X3	H1	H2	H3	Z	C
	1	1	1	1	0	0	0	400
(EP)	2	3	5	0	1	0	0	1400
	1	2	2	0	0	1	0	700
	-10	-15	-20	0	0	0	1	0

Fuente: elaboración propia, mayo 2012.

“Identificada la columna pivote como la asociada con la variable de entrada y el renglón pivote como el renglón asociado con la variable de salida. La intersección de la columna pivote y el renglón pivote define el elemento pivote”.
(7:77)

9. Convertir en uno el elemento pivote

Para encontrar la solución se realiza un procedimiento matemático que utiliza una entrada de la matriz llamada elemento pivote que debe convertirse en "1", para luego cambiar todas las otras entradas en la columna pivote en cero.

Fila pivote:

Nuevo renglón pivote = renglón pivote actual / elemento pivote

Todos los demás renglones incluyendo z

Nuevo renglón = (renglón actual) – (su coeficiente de la columna pivote) * (nuevo renglón pivote).” (7:77)

10. Convertir en cero los restantes valores de los elementos de la columna pivote

El resto de elementos de la columna pivote se deben convertir en cero, lo cual se logra multiplicando el valor del elemento pero con signo cambiado por cada valor de los elementos de la fila pivote y al producto sumarle los valores correspondientes de la fila del valor a convertir en cero.

11. Verificar resultados

Verificar si los valores de la última fila (función objetivo) son ceros y/o positivos, de ser así ese es el tablero que da la solución óptima de lo contrario (es decir, de haber uno o varios valores negativos) repetir los pasos del 7 al 10 hasta que los valores de los elementos de la última fila sean todos ceros y/o positivos.

El cuarto tablero simplex es el que da la solución óptima, ya que los valores del último renglón son ceros o positivos.

Cuarto tablero simplex

Solución óptima

	X1	X2	X3	H1	H2	H3	Z	C
	1	0	0	2	0	-1	0	100
	0	1	0	-0.5	0.5	-0.5	0	150
	0	0	1	-0.5	-0.5	1.5	0	150
Valores ceros y positivos →	0	0	0	2.5	2.5	2.5	1	6250

Fuente: elaboración propia, mayo 2012.

12. Comprobación de la función objetivo

Consiste en sustituir las variables por los valores de la solución óptima.

$$\text{F.O. Max } Z = 10X_1 + 15X_2 + 20X_3$$

$$\text{F.O. Max } Z = 10(100) + 15(150) + 20(150)$$

$$\text{F.O. Max } Z = 1000 + 2250 + 3000$$

$$\text{F.O. Max } Z = 6250$$

13. Comprobar restricciones

Es necesario comprobar las restricciones para verificar si cumplen con las condiciones, consiste en sustituir las variables de decisión por los valores de la solución óptima.

$$1) X_1 + X_2 + X_3 \leq 400$$

$$100 + 150 + 150 \leq 400$$

$$400 \leq 400$$

$$2) 2X_1 + 3X_2 + 5X_3 \leq 1400$$

$$2(100) + 3(150) + 5(150) \leq 1400$$

$$(200) + (450) + (750) \leq 1400$$

$$1400 \leq 1400$$

$$3) X_1 + 2X_2 + 2X_3 \leq 700$$

$$(100) + 2(150) + 2(150) \leq 700$$

$$(100) + (300) + (300) \leq 700$$

$$4) X_1; X_2 \text{ \& } X_3 \geq 0$$

$$100; 150 \text{ \& } 150 \geq 0$$

14. Conclusión

Se debe concluir con la solución óptima que brinda el modelo matemático.

Se determino que deben venderse 100 rollos de lona, 150 rollos de seda y 150 rollos de satín para obtener una máxima utilidad de Q6250.00

1. 4 Proveedor

El término Proveedor designa a toda empresa que pone a disposición de otra, un determinado producto. De acuerdo con este concepto, el proveedor puede ser el productor de bienes y deben satisfacer especificaciones de calidad y requisitos fijados.

1.5 Cliente

Es la persona, empresa u organización que adquiere o compra de forma voluntaria productos o servicios que necesita o desea para sí mismo, para otra persona o para una empresa u organización; por lo cual, es el motivo principal por el que se crean, producen, fabrican y comercializan productos y servicios.

1.6 Producto

Considerado como un conjunto de atributos tangibles e intangibles (empaques, color, precio, calidad, marca) los cuales son percibidos por sus compradores que satisfacen necesidades o deseos. Por tanto, un producto puede ser un bien, un servicio, que existe para intercambio y satisfacción de necesidades o deseos.

1.6.1 Definiciones de productos en estudio.

1.6.1.1 Espuma PVC

La espuma PVC es materia prima que se utiliza para elaborar plantillas para calzado, su presentación es en rollo y cada uno contiene 33 yardas.

Componentes: Este producto utiliza material de PVC en forma de polvo o gránulos pero también requiere otros materiales como; agentes colorantes que son usados para adquirir el color deseado de la plantilla, espuma en polvo es un auditivo hecho de PVC que transforma la textura de la suela en una sustancia flexible, lisa y esponjosa.

Utilización: Plantillas formadas por bandas delgadas, insertadas en el calzado para proporcionar amortiguación y absorber el sudor o transpiración.

Figura 1
Presentación de un rollo de espuma PVC



Fuente: investigación de campo julio 2012.

1.6.1.2 Contrafuerte

Material resistente, que llevan algunos tipos de calzado en la zona del talón para darle mayor firmeza, tiene la característica de tener 40% de rigidez como mínimo, su presentación es en rollo y cada uno contiene 60 yardas.

Componentes: Termoplástico y disolvente son productos artificiales cuya plasticidad los hacen apropiados para ser moldeados y obtener diversas formas, otro material utilizado es el cuero regenerado, también conocido con el nombre de salpa este material le da mayor calidad al calzado.

Utilización: extensión del taco para calzado de alto desempeño como zapato de foot-ball, tenis, bota industrial y de trabajo, ofrece estabilidad al zapato.

Figura 2
Presentación de un rollo de contrafuerte



Fuente: investigación de campo julio 2012.

1.6.1.3 Forro

El forro es el revestimiento del calzado, cubre su totalidad, la alta tecnología hace que sea resistente para que la durabilidad prevalezca por mucho tiempo, su presentación es en rollo y cada uno tiene 55 yardas.

Componentes: Diferentes tejidos y texturas con diseños recubiertos en colores de moda.

Utilización: Calzado de todo tipo.

Figura 3
Presentación de un rollo de forro



Fuente: investigación de campo julio 2012.

CAPÍTULO II

Situación actual de la distribuidora

Metodología de la investigación

Para llevar a cabo la investigación, se utilizaron métodos generales de investigación descritos a continuación:

El método científico para recabar la información y comprobar la hipótesis, utilizando sus fases: indagatoria en la unidad de análisis para recolectar información, la fase demostrativa para verificar los datos y comprobar hipótesis, la última fase es la expositiva que se aplicará en la presentación del trabajo final.

El método inductivo-deductivo también utilizado para realizar la investigación, el procedimiento fue el siguiente: El análisis donde se realizó un marco teórico y un estudio de los antecedentes de la unidad de análisis, deducción del razonamiento general a uno particular y la síntesis que integra el análisis.

Para llevar a cabo estos métodos se realizó la siguiente técnica: la observación directa para la clasificación de ingresos y egresos de los productos en estudio.

Para cumplir con las técnicas se utilizaron los siguientes instrumentos: entrevista no estructurada a todos los empleados para conocer tiempos y procesos.

Información administrativa de los productos en estudio de los últimos 10 meses para especificar cantidades de producto. Reportes de ingresos y egresos de los productos en estudio de los últimos 10 meses.

La metodología descrita anteriormente fue utilizada con el fin de identificar los datos relevantes y de esta manera obtener información sobre la situación actual de la empresa para formular la problemática que afecta el buen funcionamiento de la misma y brindar una solución eficiente.

2.1 Generalidades de la distribuidora

La unidad de análisis es una organización ubicada en la ciudad capital, distribuye productos que constituyen materias primas especiales para la elaboración de calzado, debido que al ser una distribuidora mayorista y minorista mantiene un compromiso con los clientes, en virtud que ellos dependen de la entrega oportuna de las materias primas para la producción constante, lo que implica a la distribuidora a realizar las tareas con eficiencia en todo lo relacionado al almacén, inventario y espacio físico disponible.

2.1.1 Antecedentes generales

La empresa fue creada en el año 2002 y constituida legalmente en el año 2003, como una distribuidora de materias primas para la industria de calzado, ubicada en sus inicios en la zona 4 de Mixco. Luego de varios años de existencia y con una mejor posición en el mercado, se traslado a la zona 7 de la ciudad capital para disponer de mejores instalaciones y ubicación estratégica, donde se encuentra actualmente. Debido a la calidad y diversidad de los productos que distribuye y el buen servicio que presta a los fabricantes de calzado, ha logrado un crecimiento considerable en los últimos años, contando con un número aproximado de 100 clientes a nivel nacional e internacional.

Inició labores atendiendo clientes de la ciudad capital, luego amplió su distribución en algunos departamentos de la república, inclusive ha clientes de los países de El Salvador, Nicaragua y Honduras.

Maneja una variedad de productos, diferenciados por su color y tamaño, provenientes de varias casas fabricantes ubicadas en la ciudad de México. Actualmente la empresa cuenta con un equipo de distribución adecuado para el despacho de sus productos. La distribución y la calidad del producto han llamado la atención a más empresas fabricantes de calzado nacional, por lo que sus expectativas de crecimiento son importantes.

2.1.2 Función principal

En la actualidad los fabricantes buscan empresas distribuidoras de materias primas, que ofrezcan las mejores condiciones de pago y alta calidad de productos para lograr éxito en el mercado; las necesidades del cliente fabricante deben ser satisfechas por el proveedor de materias primas oportuna y eficazmente para concretar una relación empresarial que permita a ambos cumplir con su función principal.

En el caso de la unidad objeto de análisis su función principal es la compra y venta de materias primas para la elaboración de calzado en el mercado guatemalteco; su éxito se basa en la distribución de productos de alta calidad a precios competitivos.

2.1.3 Servicios que presta

La empresa brinda los siguientes servicios a sus clientes:

- **Atención personalizada al cliente:** cada cliente es atendido de manera individual al momento de realizar su pedido o realizar una sugerencia, por el personal de la empresa.

- **Distribución de puerta a puerta:** el servicio asegura la entrega del pedido a la puerta del cliente con un comprobante de envío que debe ser firmado y sellado por la persona que recibe el producto, para que exista una constancia de que el producto fue entregado oportunamente.
- **Control de envío de producto:** Este servicio se brinda a todos los clientes, de manera que el producto es monitoreado desde que sale de la empresa hasta que llega a su destino final.

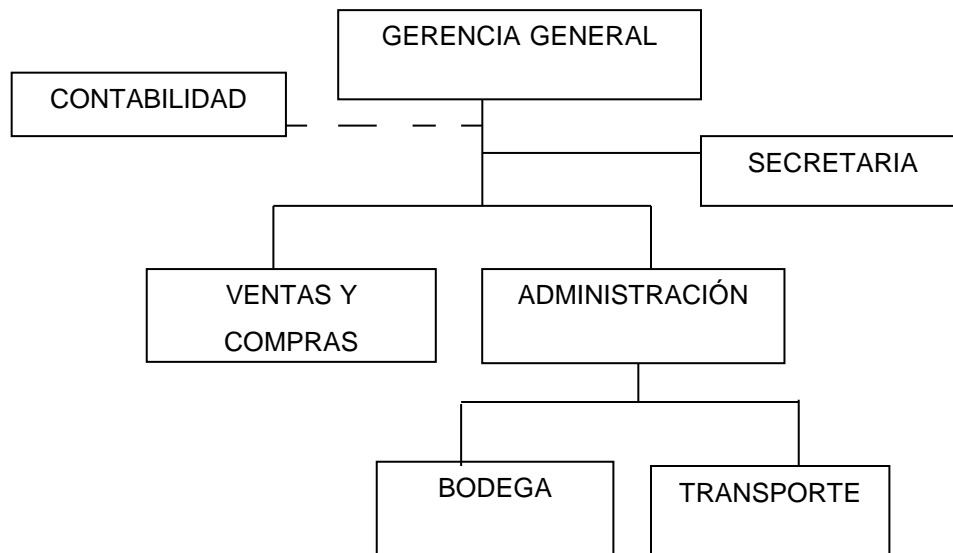
2.2 Organización de la distribuidora

La estructura organizacional de la unidad objeto de análisis agrupa a los empleados en áreas específicas según la realización de tareas de manera especializada, tomando en cuenta su rendimiento y el grado de conocimiento que los mismos poseen. La organización cuenta con organigramas claramente establecidos detallando la estructura departamental y funcional, de esta manera se obtiene una estructura formal, actualmente cuenta con 6 puestos de trabajo.

2.2.1 Organigrama general

Los departamentos que conforman la organización se pueden observar en la siguiente figura.

Figura 4
Organigrama general
Distribuidora de materia prima



Fuente: investigación de campo, julio 2012

Se visualizan 3 niveles jerárquicos integrador por Gerencia General que representa el nivel estratégico o superior, el departamento de ventas y compras y el departamento de administración que conforman el nivel táctico, el departamento de bodega y transporte que constituyen el nivel operativo. Contabilidad es out-sourcing, ya que no permanece directamente en la empresa y se requieren sus servicios por temporadas.

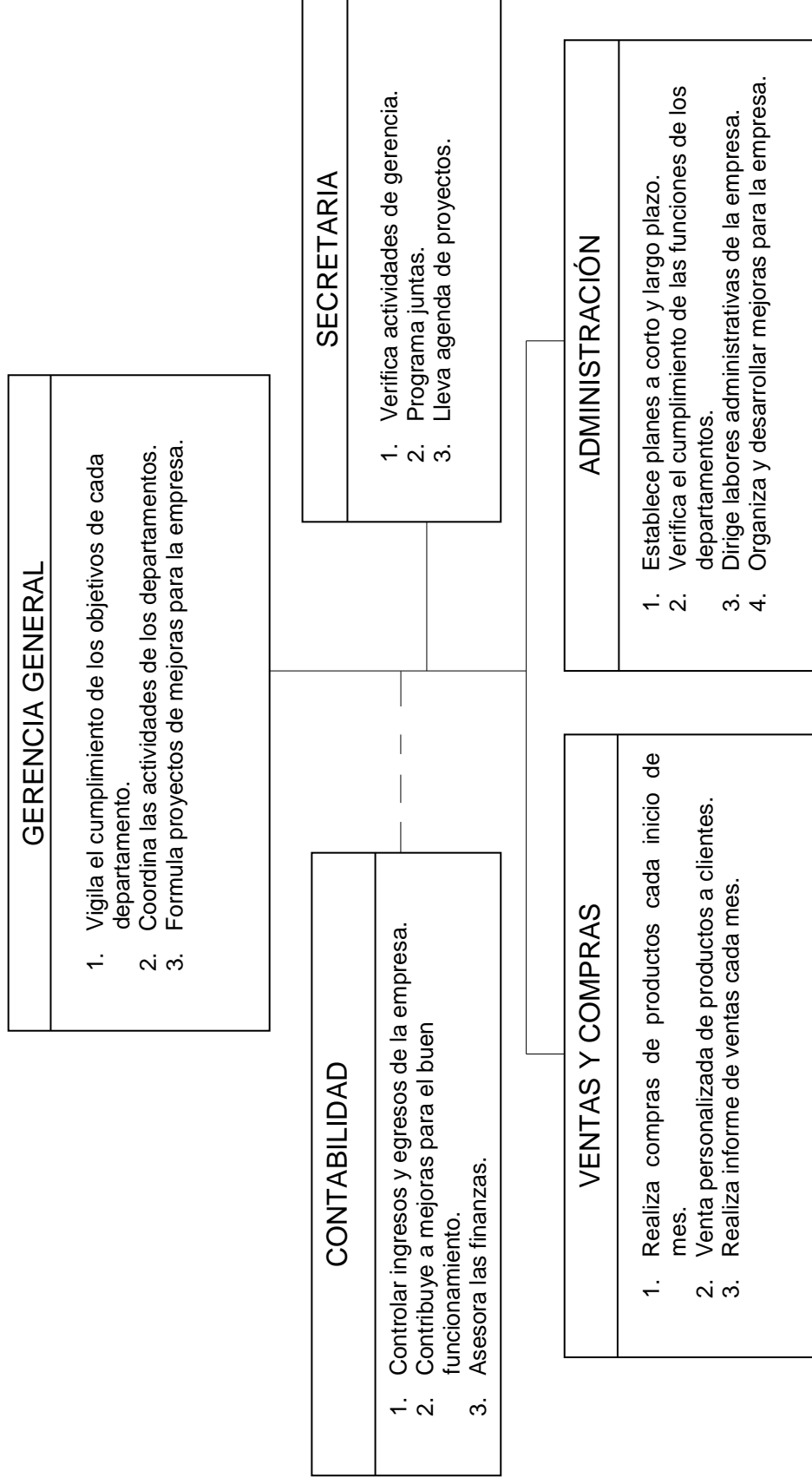
Diseño organizacional:

- a. Tipo de estructura organizacional: El tipo de estructura organizacional encontrado en la unidad objeto de análisis es funcional, lo que origina la comunicación directa, de igual forma la autoridad de Gerencia General hacia los demás niveles jerárquicos de la organización, obteniendo una estructura sencilla y fácil de comprender para la toma de decisiones.

- b. Dimensión de la estructura: La dimensión organizacional es vertical donde cada jefe departamental debe reportar exclusivamente con el Gerente general. El organigrama representa 3 niveles jerárquicos.
- c. Modelo de diseño: Se visualiza una organización mecánica que permite que las actividades se dividan en tareas especializadas y separadas.
- d. Tipo de departamentalización: Corresponde a la departamentalización funcional ya que por la naturaleza del negocio se requiere que el trabajo este dividido en base a las funciones que se tienen en la misma.
- e. Tramo de control: El tramo de control es estrecho por el número de subordinados que dependen del Gerente general, lo cual permite tener un control y supervisión.
- f. Sistema organizacional: Sistema lineal, evitando conflictos en la duplicidad de funciones, evasiones de responsabilidad, entre otros.

2.2.2 Organigrama funcional

Figura 5
Organigrama funcional de la distribuidora



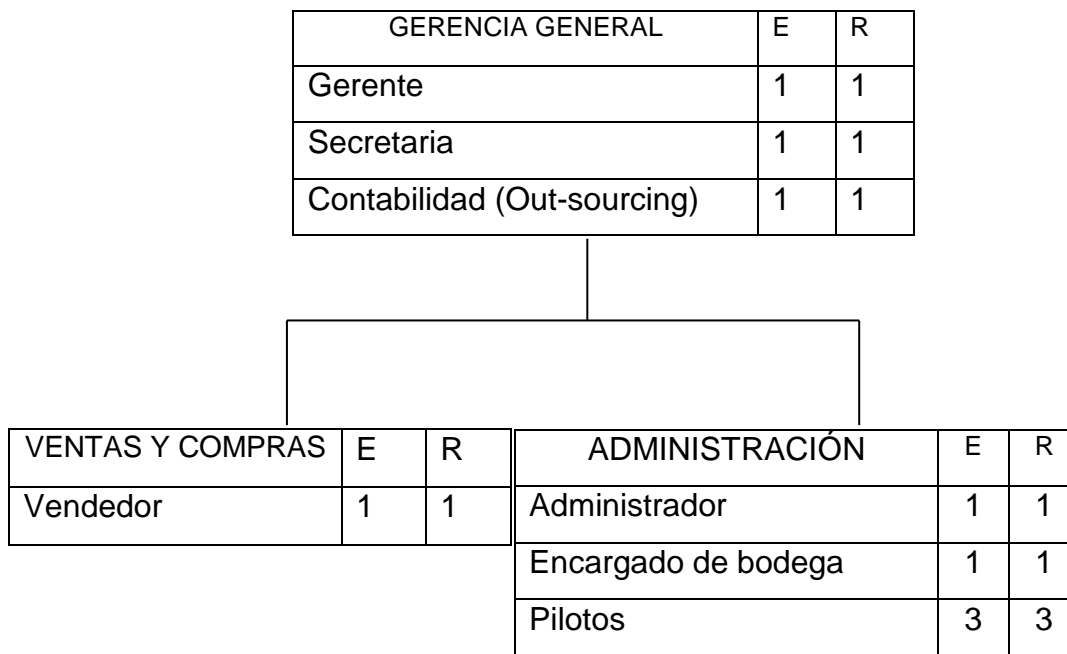
Fuente: investigación de campo, julio 2012

2.2.3 Organigrama nominal

El organigrama nominal actual de la distribuidora es el siguiente.

Figura 6

Organigrama nominal de la distribuidora



Fuente: investigación de campo, julio 2012

En el organigrama anteriormente se observan los puestos y sus plazas existentes; donde. “E” significa las plazas existentes y “R” las plazas requeridas.

2.3 Generalidades de administración

La administración de la empresa es la encargada de conferirle atribuciones específicas a todo el personal, y su función principal es diseñar, dirigir, coordinar y ejecutar los planes de acción para el logro de los objetivos. La unidad administrativa gestiona varios procedimientos como el empaque y el despacho que involucran departamentos y secciones, para llevar un control adecuado y de esta manera entregarlo para satisfacer las necesidades del cliente, se encarga de verificar las atribuciones de bodega y transporte.

La administración es la encargada de definir las estrategias de ventas para cumplir con los objetivos establecidos, también lleva control de los productos con más demanda como contrafuerte, forro y espuma considerando que su unidad de medida es un rollo, el siguiente cuadro detalla las compras realizadas en el periodo de julio 2011 hasta abril 2012.

Cuadro 2

Compra de rollos de productos en el segundo semestre del 2011 y el primer cuatrimestre del 2012

Mes Producto	Julio 2011	Agosto 2011	Septiembre 2011	Octubre 2011	Noviembre 2011	Diciembre 2011	Enero 2012	Febrero 2012	Marzo 2012	Abril 2012
Contrafuerte	40	50	45	60	60	50	40	40	30	40
Forro	60	65	70	80	75	60	50	55	50	45
Espuma	30	35	30	55	50	40	30	40	40	30
Otros	10	20	15	25	10	20	30	10	20	20

Fuente: investigación de campo, julio 2012.

El cuadro anterior detalla la compra de rollos que ingresaron a la empresa en los meses de julio 2011 a abril 2012, esto demuestra que los productos con más movimiento en el tiempo estipulado son: contrafuerte, forro y espuma; por esta razón, serán utilizados en la investigación. Se tomaron en cuenta para análisis los meses establecidos en el cuadro anterior a petición de la empresa, considerados útiles para la investigación de campo.

Se observa que en todos los meses las cantidades a comprar son diferentes, esto se debe a que la demanda en el mercado es cambiante, existen meses de producción masiva en fechas especiales, como en enero debido a la temporada de verano; octubre, noviembre y diciembre por fechas de fin de año, esto provoca en los fabricantes de calzado una demanda más elevada de contrafuerte, forro y espuma. Productos que serán incluidos en el modelo matemático.

2.3.1 Distribución

La distribución de productos en la unidad de análisis se realiza en vehículos tipo panel entregando pedidos al cliente. El encargado de establecer las rutas diarias es el departamento de administración, la asignación depende de los pedidos y el tipo de cliente que lo solicite, si es un cliente Vip la entrega se hace oportunamente considerando que el vendedor y el administrador eventualmente realizan entregas a clientes de esta categoría, de manera contraria se entrega en el tiempo estipulado y sigue las rutas establecidas. Es importante indicar que los clientes Vip son una categoría que la empresa tiene para identificar a los clientes frecuentes.

Para llevar un control de la distribución de productos el encargado de bodega llena el siguiente cuadro.

Cuadro 3

Control de bodega, distribución de producto

Fecha	Hora	Numero de factura	Tipo de cliente	Ruta	Dirección	Resumen de pedido

Fuente: investigación de campo, julio 2012.

El encargado de bodega llena esta ficha para cada ruta, con la información brindada por administración, puede ser asignado el envío de productos a varios clientes, siempre y cuando las cantidades no sean muy grandes, llevando un control.

El siguiente cuadro muestra el volumen de venta de cada producto distribuidos de julio 2011 a abril 2012.

Cuadro 4
Volumen de venta de productos del segundo semestre 2011 al primer cuatrimestre del 2012

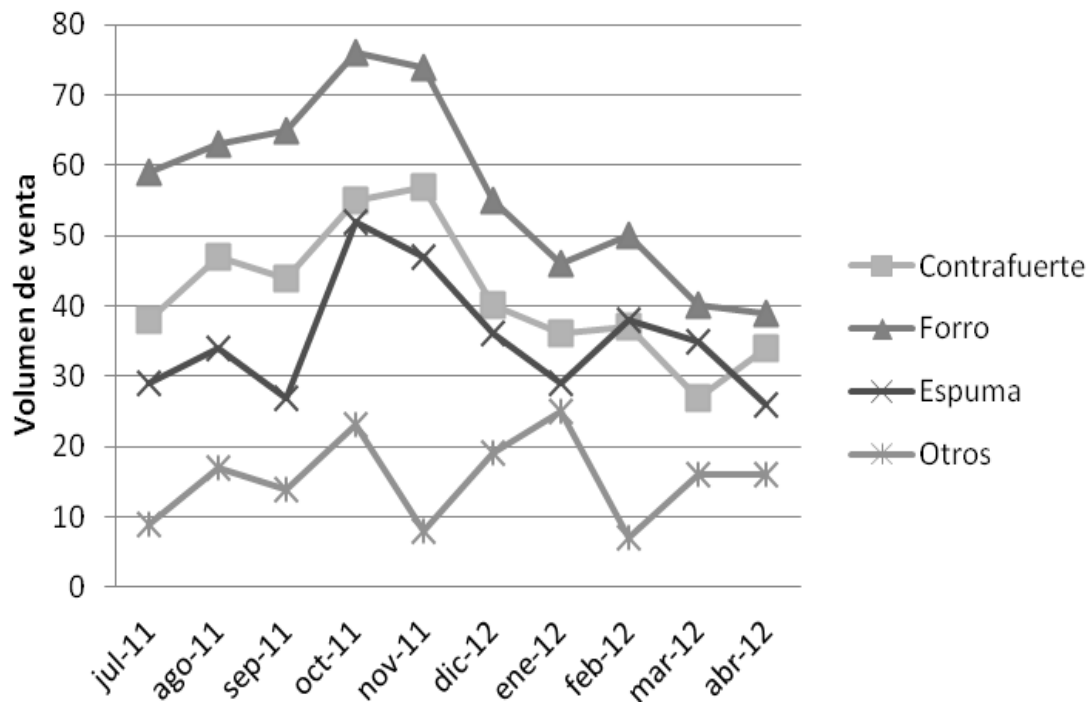
Mes Producto	Julio 2011	Agosto 2011	Septiembre 2011	Octubre 2011	Noviembre 2011	Diciembre 2011	Enero 2012	Febrero 2012	Marzo 2012	Abril 2012
Contrafuerte	38	47	44	55	57	40	36	37	27	34
Forro	59	63	65	76	74	55	46	50	40	39
Espuma	29	34	27	52	47	36	29	38	35	26
Otros	9	17	14	23	8	19	25	7	16	16

Fuente: investigación de campo, julio 2012.

El cuadro anterior especifica las cantidades de productos que salieron de la empresa hacia los clientes, contemplando únicamente los productos con mayor demanda, mientras que el resto de productos es asignado a la categoría de otros, ya que no tienen mucho movimiento de ventas. El periodo estipulado fue de julio 2011 a abril 2012.

A continuación se presenta la gráfica con datos del cuadro 4, para visualizar los movimientos en el periodo establecido.

Gráfica 1
Comportamiento de las ventas de los productos del periodo julio 2011 a abril 2012



Fuente: elaboración propia, con datos de la tabla 6, investigación de campo, julio 2012.

La gráfica anterior muestra el movimiento en las ventas desde julio 2011 a abril 2012, se puede visualizar una disminución en las ventas de los productos, contemplando que el contrafuerte, forro y espuma tienen una demanda más alta, sin embargo ha mantenido una baja desde noviembre 2011 a abril 2012, esto provoca poca generación de ingresos y disminución en la obtención de utilidades, esto también se puede visualizar en la gráfica 2 (pag. 52) donde se establece la disminución de utilidades de los productos con mayor demanda.

2.3.2 Costos

Los productos de la empresa tienen asignaciones de costos, gastos y utilidad para cubrir y asignar un precio para el cliente, toma en cuenta los objetivos para la asignación de los elementos del precio y obtener utilidad, de esta manera vender y distribuir los productos para generar ingresos.

Los productos en estudio tienen costos, gastos y utilidades detallados de la siguiente manera:

2.3.2.1 Espuma pvc:

El costo de cada yarda de la espuma PVC es de Q21.00 y cada rollo tiene 33 yardas por lo que se obtiene un costo por rollo de Q693.00.

El siguiente cuadro describe la manera de obtener el precio en la empresa.

Cuadro 5
Costo, precio de venta y utilidades por rollo de espuma pvc
(En Quetzales)

Producto	Costo (Precio por yarda)*(total de yardas por rollo)	Utilidad Establecida por la empresa	Precio venta (Costo total) + (utilidad)
Espuma pvc	(21*33 ydas) = 693	110	(693+110) = 803.00

Fuente: elaboración propia, investigación de campo, julio 2012.

La empresa mantiene los precios para el cliente y maneja la utilidad establecida en cada uno de los productos que distribuye.

2.3.2.2 Contrafuerte

El costo de cada yarda del contrafuerte es de Q15.50 y cada rollo tiene 60 yardas por lo que su costo total es de Q930.00, el siguiente cuadro detalla su precio de venta.

Cuadro 6
Costo, precio de venta y utilidades por rollo de contrafuerte
(En Quetzales)

Producto	Costo (Precio por yarda)*(total de yardas por rollo)	Utilidad Establecida por la empresa	Precio venta (Costo total) + (utilidad)
Contrafuerte	(15.50*60 ydas) = 930	120	(930+120) = 1,050.00

Fuente: elaboración propia, investigación de campo, julio 2012

2.3.2.3 Forro

El costo de cada yarda de forro es de Q21.00 y cada rollo tiene 55 yardas por lo que tiene un costo total de Q1,155.00, el siguiente cuadro detalla cada uno de los elementos.

Cuadro 7
Costo, precio de venta y utilidades por rollo de forro
(En Quetzales)

Producto	Costo (Precio por yarda)*(total de yardas por rollo)	Utilidad Establecida por la empresa	Precio venta (Costo total) + (utilidad)
Forro	(21*55 ydas) = 1,155	150	(1,155+150) = 1,305.00

Fuente: elaboración propia, investigación de campo julio 2012.

2.3.3 Recurso humano

En la empresa el trabajo de cada uno de los colaboradores es fundamental para realizar los procedimientos y cumplir con la función principal de distribuir las materias primas para calzado; se pretende que las funciones del personal sean realizadas con eficiencia para cumplir con los procedimientos de manera correcta para alcanzar el éxito. Todo el personal posee diferentes habilidades por lo que se le asigna a cada uno un trabajo específico y atribuciones especiales.

Los colaboradores desarrollan habilidades y se les atribuye actividades especiales en su área de trabajo esto facilita la realización de tareas y contribuyen al logro de los objetivos empresariales. La unidad de análisis posee seis colaboradores, a continuación se detalla las principales funciones:

- **Gerente general**

Es el encargado del proceso de planeación estratégica, planteamiento de objetivos, metas y coordinar departamentos, también desarrolla estrategias generales con la ayuda de sus colaboradores, supervisa el cumplimiento de los objetivos de cada departamento para lograr cumplir con los objetivos generales, formula el presupuesto anual y mensual de la empresa, todas las funciones descritas anteriormente conllevan a la optimización de los recursos disponibles para obtener resultados positivos.

- **Secretaria**

Se encarga de verificar todas las actividades de gerencia, así como brindar el apoyo a los departamentos, programa juntas generales, recibe llamadas telefónicas de clientes, una de sus funciones principales es la atención de recepción que está asignada por el departamento de administración con el respaldo de gerencia general.

- **Administrador**

Establece planes a corto y largo plazo, verifica el cumplimiento de las funciones de los departamentos, dirige labores administrativas, organiza y determina las funciones para cada uno de los colaboradores de la empresa, desarrolla estrategias para mejorar actividades en la empresa, su función principal es diseñar, dirigir, coordinar y ejecutar planes de acción para cumplir con los objetivos de la empresa, también encargado de coordinar las actividades de bodega y todo lo relacionado con el producto y transporte el envío, involucra a todos los departamentos en la toma de decisiones con el respaldo de gerencia general, lleva control específico de los productos que se compran. Entre sus funciones también coordina la entrega de productos.

- **Vendedor**

Realiza todas las gestiones para la venta de producto, visitando y llamando al cliente de manera frecuentes, prepara un informe mensual sobre los movimientos de ventas, también verifica las existencias en bodega para realizar las compras respectivas de materia prima, esto se lleva a cabo los primeros días de cada mes, se solicita a los proveedores y el pedido es entregado a la distribuidora una semana después de su solicitud, por lo que debe realizar un análisis de cada producto para no desabastecer. Entre sus funciones también tiene la facultad de entregar productos oportunamente.

- **Encargado de bodega**

Verificar la calidad de los productos que ingresan a la empresa y coloca en el lugar asignado, para protegerlos y entregarlos en óptimas condiciones a los clientes. También se encarga de realizar el proceso de empaque, llevando un control adecuado de todo lo que ingresa de los proveedores y la salida del producto.

- **Pilotos**

Función principal manejar los vehículos de la empresa tipo panel para entregar los pedidos solicitados por el cliente, entre sus funciones especiales esta llevar el control de las facturas de combustible y debe entregar al departamento de administración cada semana. Distribuye productos en todas las rutas asignadas diariamente y realizar un informe semanal.

Las funciones descritas anteriormente tienen como finalidad definir una estructura organizacional, permiten definir con claridad la estructura general e identificar las tareas inherentes a cada puesto, para asumir responsabilidades que permitan una adecuada distribución de productos.

Para poder llevar a cabo el empaque del producto y poderlo transportar, se hace necesaria la utilización de mano de obra, por lo que a continuación se detalla.

2.3.3.1 Mano de obra de espuma

El tiempo requerido de mano de obra para poder empaquetar un rollo de espuma se establece en el siguiente cuadro.

Cuadro 8

Tiempo de mano de obra para empaquetar un rollo de espuma

Proceso	Tiempo en segundos
Recibir y colocar el producto (ubicación "D")	30 segundos
Quitar empaque y bolsa del proveedor	10 segundos
Verificar las yardas en la etiqueta por dentro y fuera	20 segundos
Colocar etiqueta de empresa	20 segundos
Colocar bolsa nueva y sellar	40 segundos
Total tiempo requerido	120 segundos

Fuente: elaboración propia, investigación de campo julio 2012.

En el cuadro anterior se describe el proceso desde recepción del producto hasta finalizar el proceso de empaque que tiene un total de 120 segundos por cada rollo, que serán convertidos a minutos. Por lo que el tiempo necesario del recurso humano es de 2 minutos por rollo, se utilizó un cronometro que detalló el tiempo en segundos de cada actividad.

2.3.3.2 Mano de obra de contrafuerte

Para establecer el tiempo necesario de la mano de obra por cada rollo de contrafuerte se muestra en el siguiente cuadro el procedimiento necesario.

Cuadro 9
Tiempo de mano de obra para empacar un rollo de contrafuerte

Proceso	Tiempo en segundos
Recibir y colocar el producto (Ubicación "A")	10 segundos
Quitar empaque y bolsa del proveedor	10 segundos
Verificar las yardas en la etiqueta por dentro y fuera	10 segundos
Colocar etiqueta de empresa	20 segundos
Colocar bolsa nueva y sellar	10 segundos
Total tiempo requerido	60 segundos

Fuente: elaboración propia, investigación de campo julio 2012.

El cuadro anterior describe los tiempos necesarios para realizar el proceso de empaque del producto contrafuerte, utilizando en total 60 segundos por cada rollo, considerando menos tiempo ya que su ubicación se encuentra cerca del área de descarga y su empaque es de rápida colocación. Se convierten los segundos en minutos por lo tanto, el empaque de cada rollo es de 1 minuto, se utilizó un cronómetro que detallo el tiempo en segundos de cada actividad

2.3.3.3 Mano de obra de forro

El tiempo necesario de mano de obra para el empaque de un rollo de forro, se detalla en el siguiente cuadro.

Cuadro 10

Tiempo de mano de obra para empacar un rollo de forro

Proceso	Tiempo en segundos
Recibir y colocar el producto (ubicación "G")	45 segundos
Quitar empaque y bolsa exterior del proveedor	25 segundos
Quitar por un momento bolsa interna del rollo	20 segundos
Quitar papel en el centro del rollo	10 segundos
Verificar las yardas en la etiqueta por dentro y fuera	15 segundos
Colocar total de yardas dentro del rollo	10 segundos
Colocar etiqueta de empresa	10 segundos
Colocar nuevamente bolsa interna del rollo	20 segundos
Colocar nueva bolsa luego de la bolsa interna	25 segundos
Total tiempo requerido	180 segundos

Fuente: elaboración propia, investigación de campo, julio 2012.

El cuadro anterior contiene los tiempos necesarios para el empaque de producto, utilizando un total de 180 segundos por cada rollo de forro, se hace necesario la utilización de más tiempo con respecto a los productos de contrafuerte y espuma, debido a la colocación, ya que su ubicación se encuentra lejos del área de descarga y tiene más pasos en el proceso de empaque, por ser material delicado debe tratarse con más cuidado que los demás, por lo tanto el tiempo de empaque para cada rollo de forro es de 3 minutos, tiempo establecido con cronometro que detallo cada actividad en segundos.

2.3.4 Recursos físicos

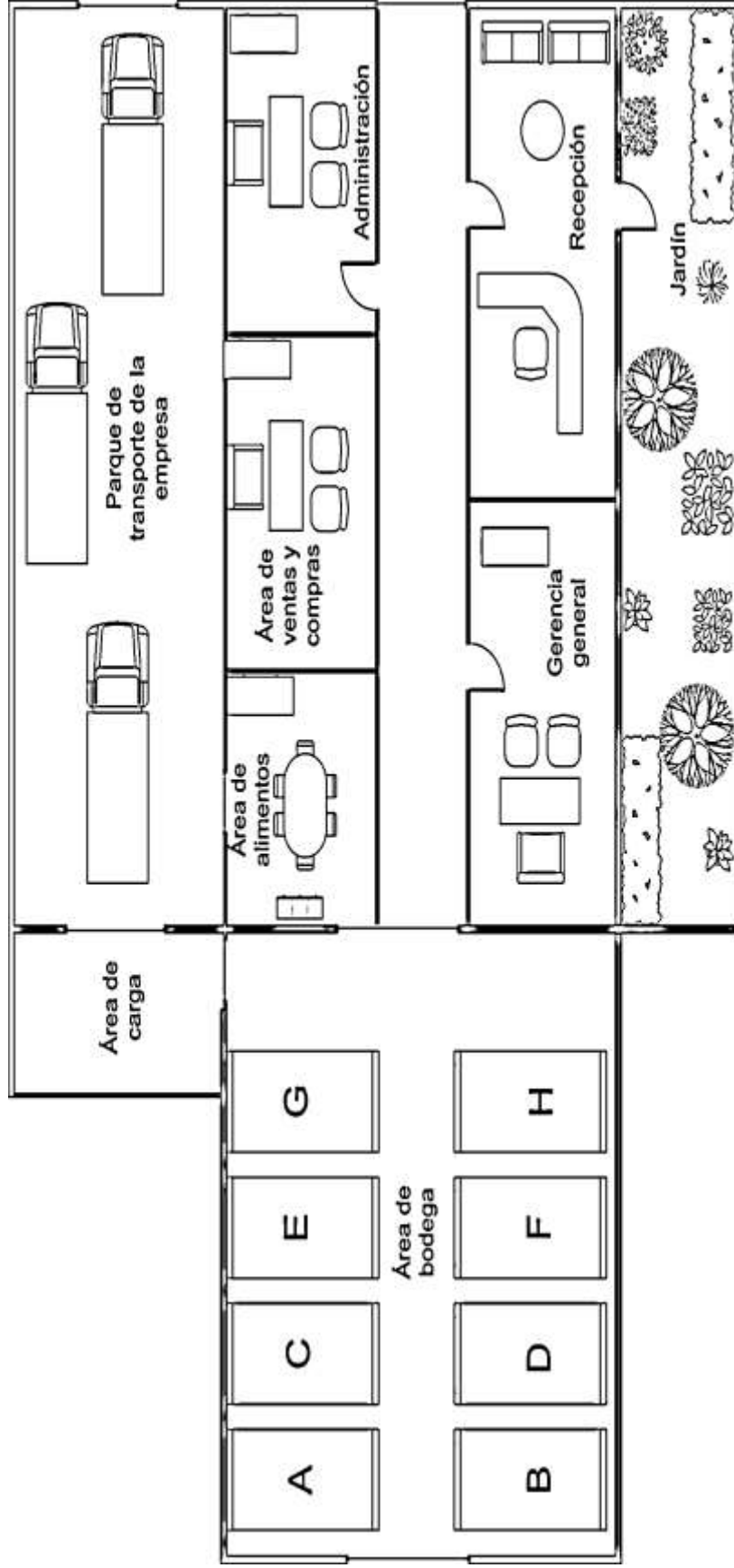
Los recursos físicos son las instalaciones de oficinas y mobiliario-equipos que la empresa posee y son necesarios para realizar las actividades; dichas instalaciones se encuentran en buen estado, tienen iluminación y amplias ventanas, también cuenta con una estructura física de cinco oficinas y tiene una bodega grande para resguardar todos los productos y mantenerlo en buenas condiciones.

Los recursos físicos con que cuenta la empresa se detallan a continuación.

- 1 terreno
- 5 oficinas para diferentes usos
- 3 vehículos tipo panel
- 4 computadoras
- 4 impresoras
- 4 teléfonos
- Productos almacenados
- Insumos para empaque.

La administración es la encargada de verificar los recursos físicos necesarios para la realización de las distintas funciones en la empresa, la siguiente imagen detalla la ubicación de las instalaciones y el mobiliario con que cuenta.

Figura 7
Distribución física de las oficinas de la empresa



Fuente: elaboración propia, trabajo de campo. Julio 2012.

En la imagen anterior se puede visualizar las instalaciones de la empresa, la ubicación de las oficinas y las entradas que tiene para el personal y el transporte entre otros detalles que conforman las instalaciones físicas. Cada área tiene asignado su espacio y mobiliario adecuado para realizar los procesos, por lo tanto, es fundamental para que se puedan desarrollar y facilitar las funciones.

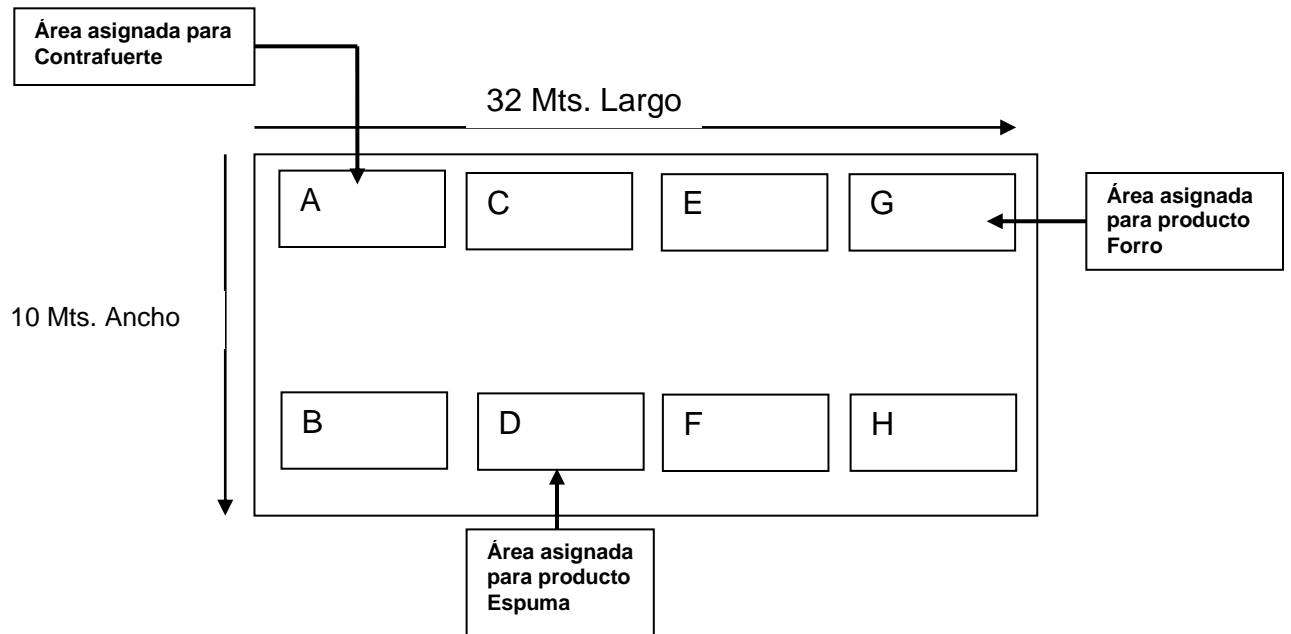
2.3.5 Espacio disponible para los productos

El espacio distribuido en toda el área de bodega es 32 metros de largo y 10 metros de ancho, esta área es asignada únicamente para el almacenamiento de cada uno de los productos que ingresan. Existen 8 espacios para ubicar los productos, estos diferenciados por una letra mayúscula por lo que cada producto tiene un espacio específico en el área de bodega.

La siguiente imagen detalla cada espacio marcado con una letra mayúscula, para la colocación de productos almacenados.

A continuación se representa gráficamente el área de bodega y sus asignaciones de productos.

Figura 8
Distribución del espacio de bodega por productos



Fuente: elaboración propia, investigación de campo, julio 2012.

La asignación del espacio a cada producto fue especificado por la empresa con base a su experiencia, por lo que se identifica que el forro se encuentra almacenado en el espacio G, mientras que el contrafuerte se encuentra en el espacio A, y por último la espuma se encuentra en el espacio D, el resto de espacios son para otros productos.

2.3.6 Proveedores

La empresa necesita de sus proveedores para obtener las materias primas que serán distribuidas, cuenta con 3 proveedores que surten sus productos para referirse a cada proveedor se asignó con el nombre de casa distribuidora 1 al proveedor principal, como casa distribuidora 2 al segundo proveedor principal y casa distribuidora 3 al proveedor secundario. La casa distribuidora 1 y 2 abastecen los productos de contrafuerte, forro y espuma y la casa distribuidora 3 abastece el resto de los productos.

Las 3 casas distribuidoras que abastecen de productos a la empresa, se encuentran en la ciudad de México, por lo tanto se realizan los pedidos anticipadamente para que lleguen al inicio o fin de mes, debido a que su traslado de México a Guatemala se tarda aproximadamente una semana, la empresa estipula el tiempo antes de quedarse sin producto. El departamento de compras y ventas junto a gerencia general y administración, son los encargados de realizar los pedidos en las 3 casas distribuidoras para que el producto llegue simultáneamente en el tiempo estipulado.

2.3.7 Clientes

Los clientes de la empresa son aquellos que en la actualidad están realizando compras, o que lo hicieron dentro de un periodo de tiempo, la empresa identifica y clasifica a sus clientes de la siguiente manera.

Clientes VIP: Los clientes de esta categoría tienen ventajas, debido a que sus pedidos son de grandes cantidades y frecuentes, en cuanto al despacho del producto es inmediato.

Clientes MAX: Los clientes de esta categoría son identificados por sus pedidos no frecuentes, el despacho de productos se realiza según la logística de la empresa.

Esta clasificación permite identificar a los clientes que en la actualidad están realizando compras y que requieren una atención especial para retenerlos, ya que son los que en la actualidad le generan ingresos económicos a la empresa.

2.4 Productos

La empresa maneja varios productos que son utilizados en la elaboración de calzado de todo tipo, cada producto es diferenciado por su tamaño y color. Los productos tienen la unidad de medida en rollo.

El siguiente cuadro detalla el margen de utilidad de los productos en estudio.

Cuadro 11
Margen de rentabilidad de los productos que más movimiento han tenido en el segundo semestre del 2011 y el primer cuatrimestre del 2012
Contrafuerte, forro y espuma
(En Quetzales)

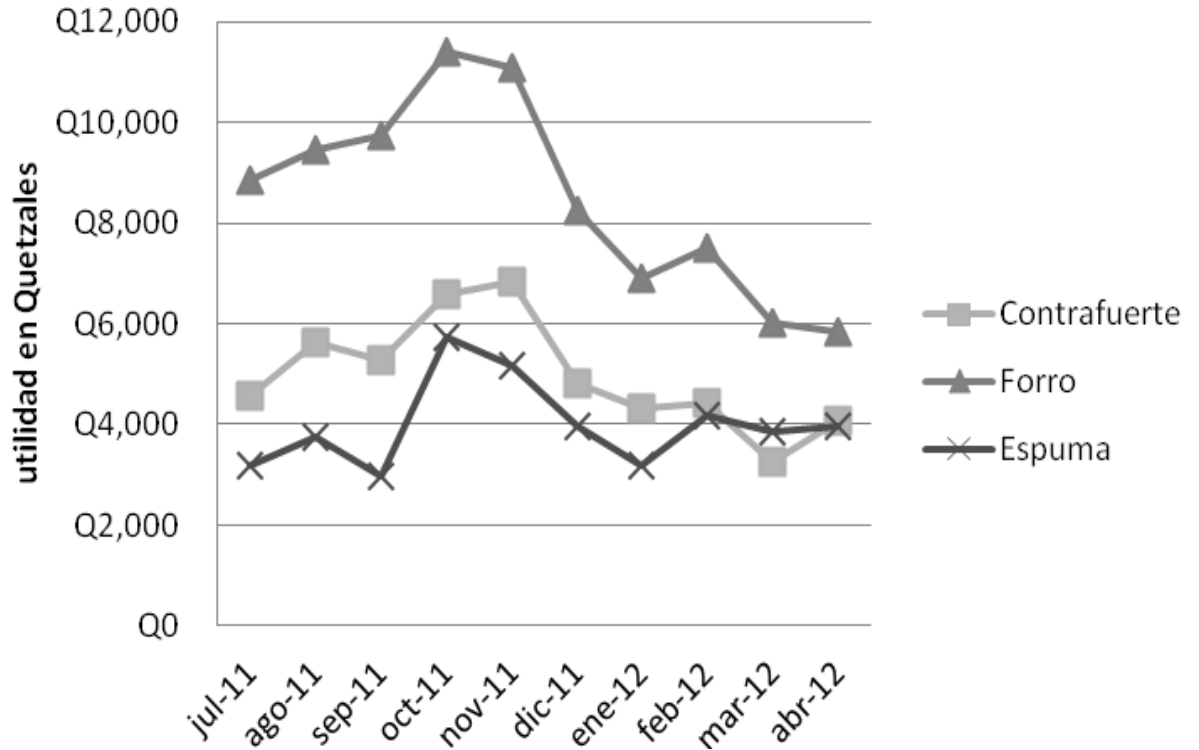
Mes Producto	Julio 2011	Agosto 2011	Septiembre 2011	Octubre 2011	Noviembre 2011	Diciembre 2011	Enero 2012	Febrero 2012	Marzo 2012	Abril 2012
Contrafuerte	4,560	5,640	5,280	6,600	6,840	4,800	4,320	4,440	3,240	4,080
Forro	8,850	9,450	9,750	11,400	11,100	8,250	6,900	7,500	6,000	5,850
Espuma	3,190	3,740	2,970	5,720	5,170	3,960	3,190	4,180	3,850	3,960

Fuente: elaboración propia, investigación de campo, julio 2012.

El cuadro anterior detalla el margen de utilidad obtenido por cada producto en el periodo de julio 2011 hasta abril 2012, utilizando dicha tabla se grafican los datos para poder tener una visualización de los movimientos y la relación que existe entre los productos y así, analizar específicamente el comportamiento de las utilidades.

Gráfica 2

Utilidad de los productos contrafuete, forro y espuma en el periodo de julio 2011 a abril 2012



Fuente: elaboración propia, investigación de campo julio 2012.

La gráfica anterior muestra la utilidad obtenida por cada producto en los meses de julio 2011 hasta abril 2012, se puede visualizar que existe una disminución en las utilidades percibidas en los últimos meses desde noviembre 2011 hasta abril 2012, esto disminuye los ingresos y genera inestabilidad en los trabajadores y el negocio se torna poco atractivo (ver gráfica 1).

A continuación se detalla la información de los productos con más demanda:

2.4.1 Producto de espuma PVC

La calidad del producto para la elaboración de calzado es indispensable, los materiales blandos son utilizados para el interior del calzado, mientras que los más duros son utilizados para suelas.

2.4.1.1 Distribución

La distribución de los productos de la empresa es la manera de hacer llegar físicamente los productos al destino final, debe ser segura y confiable para la empresa y el cliente.

Se establecen rutas para el envío del producto que se distribuyen en la zona 3 de Mixco, zonas 1, 5, 8, 12 y 16 de la ciudad capital y en algunos departamentos como: Jutiapa, Totonicapán, Quetzaltenango y San Marcos. Los pilotos se encarga de distribuir pedidos y eventualmente el vendedor.

2.4.1.2 Peso

Existen varios productos con diferentes características, el peso es uno de los factores importantes dentro de la empresa ya que es útil para calcular lo requerido en cada vehículo y de esta manera no se sobrecarguen.

El peso para la espuma pvc fue establecido mediante una pesa especial, y se obtuvo un peso aproximado de 50 libras por cada rollo, para la investigación se analizaron 25 rollos encontrados en la unidad de análisis.

2.4.2 Producto contrafuerte

El proceso de producción de calzado lleva diversidad de materiales disponibles en la empresa, donde se comercializa y distribuye para poner al alcance del fabricante de calzado, el contrafuerte es uno de los insumos indispensables para el calzado, este sirve para darle soporte y es colocado después de la plantilla.

2.4.2.1 Distribución

La distribución tiene su logística diseñada por administración diariamente. El envío del producto mediante el sistema de distribución más frecuente se realiza en la zona 3 de Mixco, zonas 1, 2, 5, y 16 de la ciudad capital y en algunos casos los países de El Salvador y Nicaragua. Estos últimos son enviados por transporte externo a la empresa.

2.4.2.2 Peso

El peso para el contrafuerte fue establecido mediante una pesa especial, y se obtuvo un peso aproximado de 40 libras por cada rollo, para la investigación se analizaron 30 rollos, encontrados en la unidad de análisis.

2.4.3 Producto forro

Para que el calzado tenga una buena presentación se hace necesario colocar un forro adecuado para cubrir el interior, de esta manera poder tener una presentación adecuada.

2.4.3.1 Distribución

Administración se encarga de la logística de los pedidos diarios, los cuales son enviados al cliente. Los lugares de donde con más frecuencia son solicitados los productos son: Zonas 1, 3, 10, 12, 18 y 21, los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango y Jutiapa.

2.4.3.2 Peso

El peso para el contrafuerte fue establecido mediante una pesa especial, y se obtuvo un peso aproximado de 26 libras por cada rollo, para la investigación se analizaron 25 rollos, encontrados en la unidad de análisis.

2.5 Disponibilidad de recursos

Se establecieron las restricciones de acuerdo a las necesidades de la empresa, se contempla estas cantidades mensualmente.

Cuadro 12
Disponibilidad de recursos mensual

Costo	Q233,730.00
Peso	8,660 lbs.
Mano de obra	520 minutos

Fuente: investigación de campo, julio 2012.

Costo: Según información proporcionada por el gerente general, la empresa contempla Q233,730.00 como máximo cada mes, para la compra de los productos de contrafuerte, forro y espuma.

Peso: se estipula una cantidad de 8,660 libras cada mes, para transportar los productos, es la cantidad que se puede llevar en los vehículos para su respectiva distribución tomando en cuenta que los pesos de los productos oscilan entre 26 y 50 libras. (Ver anexo 3)

Mano de obra: la disponibilidad de tiempo mensual necesaria para empacar los tres productos es de 520 minutos. (Ver anexo 4)

CAPÍTULO III

Aplicación del modelo matemático determinístico simplex

3.1 Objetivos

Los objetivos para la aplicación del modelo matemático denominado método simplex se describen a continuación.

3.1.1 General

Desarrollar y aplicar el modelo matemático simplex para conocer la combinación óptima de productos y tomar decisiones que brinden la máxima utilidad.

3.1.2 Específicos

- Definir cada uno de los pasos para implementar el modelo matemático simplex.
- Determinar la combinación óptima de productos que brinde la máxima utilidad.
- Proponer la implementación de control sobre los resultados obtenidos en el desarrollo del modelo matemático simplex.
- Establecer los lineamientos básicos para que se implementen los resultados del modelo.

3.2 Definir el problema

La empresa vende y distribuye varios productos en el mercado, sus clientes en la mayoría de pedidos solicitan material como el contrafuerte, la espuma y el forro. La empresa maneja los siguientes costos de los productos de mayor demanda: contrafuerte Q930.00, espuma Q693.00 y forro Q1,155.00. Mientras que las utilidades son las siguientes: Q120.00, Q110.00 y Q150.00 respectivamente.

Los precios que la empresa maneja son muy competitivos en el mercado y esto hace que los productos tengan movimiento en el inventario, y que las compras a proveedores se realicen frecuentemente. Para mantener buena relación con el cliente y mantenerse competitivo dentro del mercado, la empresa debe cumplir con algunas limitantes, a continuación la tabla detalla los recursos limitados con que la empresa cuenta.

La empresa cuenta con una disponibilidad de Q233,730.00 en costos, para el peso 8,660 libras y 520 minutos de mano de obra cada mes.

3.3 Desarrollo del modelo matemático

Luego de establecer los objetivos y analizar la definición del problema, se procede al desarrollo del modelo matemático para dar soluciones factibles a la problemática.

3.3.1 Identificar datos

Es importante conocer y analizar minuciosamente los datos y la relación que existe entre sí, para el desarrollo del modelo a utilizar.

3.3.2 Variables de decisión

Las variables encontradas para el análisis del problema, son características de los productos con que se diferencian unos de otros y se utilizarán en el modelo, se identifican para uso del modelo matemático como “Xn” que identifica la variable y el número correlativo asignado, por lo tanto, se ha tomado las siguientes variables de decisión:

X₁: ESPUMA PVC

X₂: CONTRAFUERTE

X₃: FORRO

Espuma, contrafuerte y forro son las tres variables a utilizar en el modelo matemático identificadas como X₁, X₂ y X₃.

3.3.3 Restricciones

También llamadas requerimientos, son necesarios para la formulación del modelo matemático, debido a que son limitaciones de ciertas circunstancias para la empresa y deben ser aprovechadas al máximo, las que se utilizarán se describen a continuación:

- **Costo:** son los que la empresa maneja directamente con cada producto, siendo diferentes debido a sus costos y gastos asignados. Se considera una restricción porque la empresa tiene asignado un presupuesto de compra del cual no puede excederse.
- **Peso:** esta restricción debe cumplirse, ya que, para que el producto sea transportado debe pesar cierta cantidad y no sobrepasarla porque los vehículos utilizados no la podrían llevar a su destino final y la descarga llevaría mucho más tiempo y costo.
- **Mano de obra:** ésta restricción debe cumplirse porque el encargado de bodega tiene un horario establecido, en el cual debe cumplir con sus tareas y no excederse al tiempo que utiliza para realizar los procesos de empaque de cada producto.

Estas restricciones son los elementos que condicionan y son parte fundamental, ya que existe una cantidad limitada, no puede excederse para mantener el costo y evitar la disminución de las utilidades, por lo tanto, deben ser utilizados los recursos existentes y maximizarlos, mediante la implementación de un modelo para obtener resultados óptimos.

3.3.3.1 Forma del signo

Las restricciones son limitaciones que indican que no debe excederse de lo que la empresa tiene asignado en cuanto a tiempo, dinero o dependiendo de la variable, por lo tanto establecen que deben ser menores o iguales a la cantidad que asigne la empresa como restricción, el signo a utilizar es \leq .

3.4 Planteamiento del problema

Con la información recabada se establece en el siguiente cuadro, detallando la información necesaria para el planteamiento del problema.

Cuadro 13
Planteamiento del problema

Concepto de restricción	X₁ Espuma	X₂ Contrafuerte	X₃ Forro	Requerimiento	Forma del signo
Costo (Quetzales)	693	930	1155	233,730.00	≤
Peso (en libras)	50	40	26	8,660	≤
Mano de obra(min)	2	1	3	520	≤
Utilidad(Quetzales)	110	120	150		

Fuente: elaboración propia, investigación de campo julio 2012.

3.5 Aplicación del modelo matemático simplex

Se determinaron tres variables en estudio, tres restricciones y una función objetivo de maximización, datos necesarios para poder aplicar un modelo matemático simplex.

3.5.1 Importancia del desarrollo del modelo simplex

El modelo matemático simplex es uno de los modelos que resuelven problemas sistemas reales, permite analizar la toma de decisiones teniendo en cuenta la escasez de los recursos para maximizar sus beneficios, considerando la importancia se procede a dar solución de la siguiente manera.

3.6 Definir función objetivo

Se determinó que la utilidad en cada variable de decisión es uno de los factores que se deben maximizar, contemplando que la empresa quiere conocer la combinación óptima de los productos en estudio, por lo tanto, se llevará a cabo una maximización en la función objetivo para el desarrollo del modelo matemático, se establece de la siguiente manera.

Función Objetivo

$$\text{FO: Max } Z = 110 X_1 + 120 X_2 + 150 X_3$$

Igualar función objetivo a cero

$$\text{FO: Max } = 110X_1 + 120 X_2 + 150 X_3 + Z = 0$$

3.6.1 Definir las restricciones en forma de desigualdades o inecuaciones.

Es necesario que se definan las restricciones, que se obtuvieron en la descripción del problema y se detallaron de manera visual, en forma matemática. Se utiliza el signo \leq porque expresa que las restricciones deben ser igual o menores a los recursos.

Las restricciones deben ser comprobadas con las respuestas que el modelo proporcione si cumple con cada una, se dice que la combinación es óptima y cumplió con la función objetivo.

Restricciones

$$1) 693 X_1 + 930 X_2 + 1155 X_3 \leq 233,730$$

$$2) 50 X_1 + 40 X_2 + 26 X_3 \leq 8,660$$

$$3) 2 X_1 + 1 X_2 + 3 X_3 \leq 520$$

$$4) X_1, X_2 \text{ \& } X_3 \geq 0$$

Signo homogéneo
para todas las
restricciones

El resultado siempre
debe ser mayor o
igual a cero

La característica fundamental en las restricciones, es que deben tener signo homogéneo (ver capítulo 1).

3.6.2 Convertir las desigualdades en igualdades agregando variables de holgura (h)

Luego de definir las restricciones, en forma de desigualdades convertirlas a igualdades, agregando variables de holgura, una por cada desigualdad. A continuación se muestra lo indicado.

$$1) 693 X_1 + 930 X_2 + 1155 X_3 + H_1 = 233,730$$

$$2) 50 X_1 + 49 X_2 + 26 X_3 + H_2 = 8,660$$

$$3) 2 X_1 + 1 X_2 + 3 X_3 + H_3 = 520$$

3.6.3 Construir el primer tablero simplex

Se procede a ordenar los coeficientes y las constantes en filas, agregando la función objetivo igualada a cero en la última fila, para formar el primer tablero simplex.

Estructura del primer tablero simplex con variables de holgura

Variables de decisión			Variables de holgura				Restricciones
X1	X2	X3	H1	H2	H3	Z	C
693	930	1155	1	0	0	0	233,730
50	40	26	0	1	0	0	8,660
2	1	3	0	0	1	0	520
-110	-120	-150	0	0	0	1	0

Función objetivo con signo negativo

Característica

Para encontrar la solución óptima es necesario que todos los elementos de la última fila de la función objetivo sean positivos o ceros para luego comprobar y verificar las restricciones establecidas y concluir con una respuesta es óptima

3.6.4 Elección columna pivote

Se determina la variable básica entrante con la selección de la variable con el coeficiente negativo que tiene el mayor valor absoluto. El siguiente tablero especifica la elección de la columna pivote.

Columna pivote

X ₁	X ₂	X ₃	H ₁	H ₂	H ₃	Z	C
693	930	1155	1	0	0	0	233,730
50	40	26	0	1	0	0	8,660
2	1	3	0	0	1	0	520
-110	-120	-150	0	0	0	1	0

Elemento de menor valor

Elemento pivote

Para elegir el elemento pivote se utiliza la columna constante "C" y la columna pivote, realizando la siguiente operación matemática: Tomar uno a uno los valores de la columna "C" y dividirlos por el coeficiente de la columna electa (X3).

Fila 1)	$233,730 / 1155$	$= 202.3636364$	}	El menor cociente positivo indicará cual es el elemento pivote, de existir empate se toma cualquiera.
Fila 2)	$8,660 / 26$	$= 333.0769231$		
Fila 3)	$520 / 3$	$= \mathbf{173.3333333}$		

Nota: no puede tomarse como elemento pivote ningún valor cero o que tenga signo negativo

El siguiente tablero permite observar la elección del elemento pivote que fue elegido en la columna pivote.

Elección del elemento pivote

X1	X2	X3	H1	H2	H3	Z	C
693	930	1155	1	0	0	0	233,730
50	40	26	0	1	0	0	8,660
2	1	3	0	0	1	0	520
-110	-120	-150	0	0	0	1	0

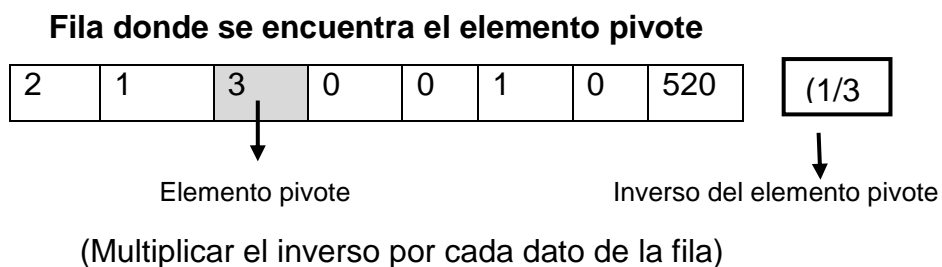
Columna pivote Elemento pivote

Elemento de menor valor

El tablero anterior indica la posición del elemento pivote, dando como resultado el coeficiente 3, ubicado en la tercera columna y tercera fila. Ya encontrado el elemento pivote se procede a convertirlo en 1, debe realizarse de la siguiente manera.

3.6.5 Convertir en uno el valor del elemento pivote

Para convertir en uno el elemento pivote es necesario multiplicar el inverso de su valor ($1/3$), por cada elemento de la fila, convirtiéndose en la fila pivote, la siguiente fila muestra el inverso del elemento pivote.



El siguiente tablero, detalla los valores obtenidos de la multiplicación de cada dato del renglón con el inverso del elemento pivote, y es necesario para convertir en cero el resto de los elementos de la columna pivote.

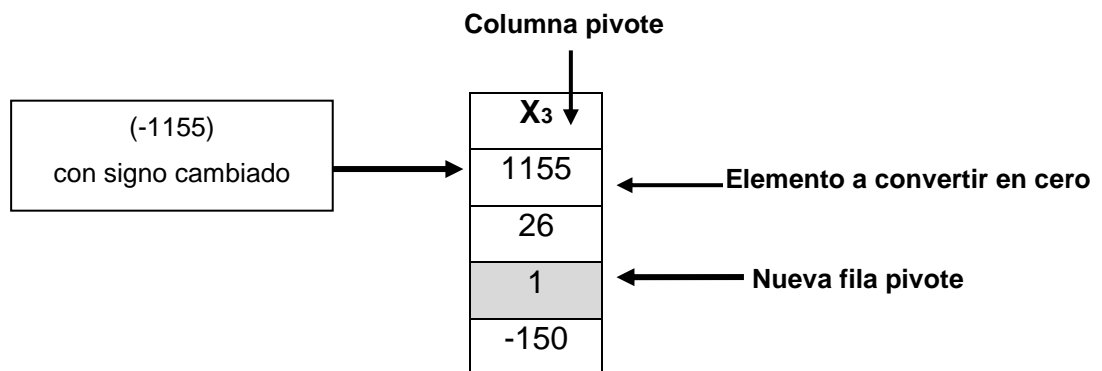
Convertir en uno el elemento pivote

X_1	X_2	X_3	H_1	H_2	H_3	Z	C
693	930	1155	1	0	0	0	233,730
50	40	26	0	1	0	0	8,660
$2/3$	$1/3$	1	0	0	$1/3$	0	$520/3$
-110	-120	-150	0	0	0	1	0

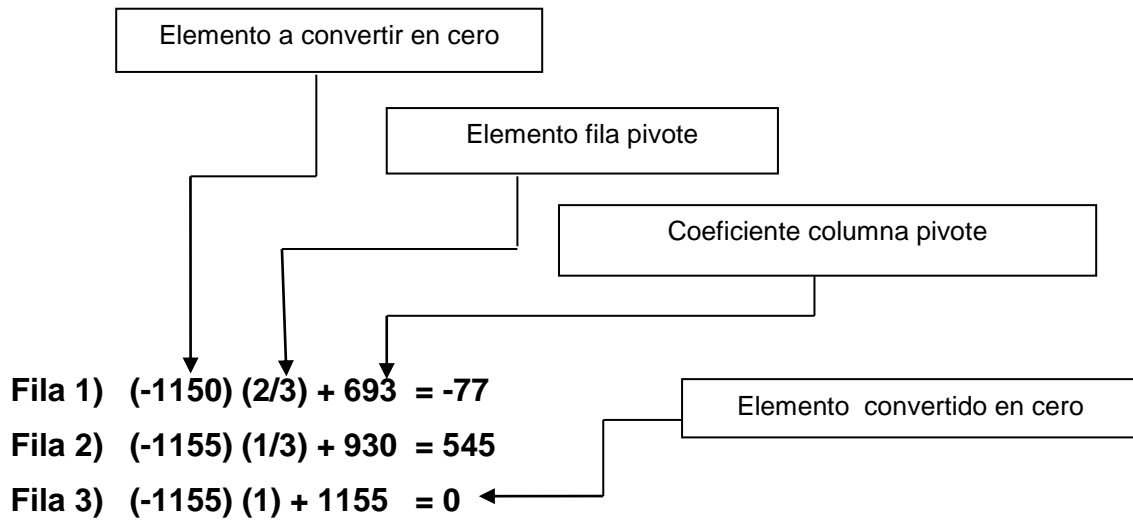
Luego de haber multiplicado con el inverso del elemento pivote, se obtuvo una fila pivote, misma que será útil para convertir el resto de coeficientes de la columna en cero.

3.6.6 Convertir en cero los valores restantes de la columna pivote

Para convertir en cero los elementos restantes, debe elegirse cualquier fila de la columna pivote, y el coeficiente elegido se multiplica por toda la fila pivote con el signo cambiado y se suma el valor del coeficiente de la fila elegida, hasta convertir todos en cero.



Para convertir en cero el resto de coeficientes es necesario utilizar la fila pivote y realizar la siguiente operación matemática.



Se trabaja de esta manera con todos los elementos de la columna hasta finalizar, obteniendo nuevos datos de la tabla simplex, a continuación se presenta el tablero simplex actualizado.

Tablero simplex

X₁	X₂	X₃	H₁	H₂	H₃	Z	C
-77	545	0	1	0	-385	0	33530
98/3	94/3	0	0	1	-26/3	0	12460/3
2/3	1/3	1	0	0	1/3	0	520/3
-10	-70	0	0	0	50	1	26000

Para encontrar la solución óptima realizar el mismo procedimiento desde la elección de la columna pivote hasta actualizar los datos del tablero y lograr que todos los valores sean ceros o positivos y de esta manera considerar una solución.

3.6.6.1 Solución óptima

El tablero anterior aún tiene varios elementos negativos, por lo tanto, no cumple con la característica de solución óptima y debe actualizarse para encontrar la combinación.

3.6.7 De ser necesaria la reiteración del tablero simplex

Se hace necesario realizar el mismo procedimiento ya que, aun no se encuentra la solución óptima y se deben repetir anteriores. El siguiente tablero fue actualizado para encontrar la solución óptima.

Segundo tablero simplex

X1	X2	X3	H1	H2	H3	Z	C
-77/545	1	0	1/545	0	-77/109	0	6706/109
20216/545	0	0	-94/1635	1	1468/109	0	2225.614679
389/545	0	1	-1/1635	0	62/109	0	16658/109
-2168/109	0	0	14/109	0	60/109	1	30306.6055

El tablero aún presenta elementos negativos por lo que no se considera la solución al modelo y debe hacerse otra reiteración.

Tercer tablero simplex

X1	X2	X3	H1	H2	H3	Z	C
0	1	0	7/4332	11/2888	-473/722	0	70
1	0	0	-47/30324	545/20216	1835/5054	0	60
0	0	1	5/10108	-389/20216	1565/5054	0	110
0	0	0	740/7584	1355/2527	7.772061733	1	31,500

El tablero anterior cumple con la característica de tener en la última fila solo números positivos o ceros.

3.7 Encontrar la combinación óptima

La siguiente fila muestra la característica esencial para luego encontrar la solución al modelo.

Última fila del tablero simplex con elementos positivos

0	0	0	740/7584	1355/2527	7.772061733	1	31,500
---	---	---	----------	-----------	-------------	---	--------

Por lo tanto, si cumple con la característica y los elementos de la última fila no contienen negativos, entonces se procede a comprobar todas las restricciones y la función objetivo.

3.7.1 Combinación óptima

Para encontrar la combinación óptima, es necesaria la búsqueda de los datos obtenidos en la última columna llamada constante "C" del modelo matemático que se desarrolló.

En las columnas de las variables en estudio, se encuentran ubicados los resultados convertidos en uno, por lo tanto, en la primera columna donde se encuentre el uno se corre hacia la derecha para ubicarse en la columna de constantes "C" y encontrar el valor de dicha variable.

La siguiente tabla muestra los valores encontrados para cada variable.

Valor de cada variable en estudio

X ₁	X ₂	X ₃	H ₁	H ₂	H ₃	Z	C
0	1	0	7/4332	11/2888	-473/722	0	70
1	0	0	-47/30324	545/20216	1835/5054	0	60
0	0	1	5/10108	-389/20216	1565/5054	0	110
0	0	0	740/7584	1355/2527	7.772061733	1	31,500

En el tablero anterior se ubican los valores de las variables en estudio.

Valores de cada variable obtenidos en el modelo matemático simplex

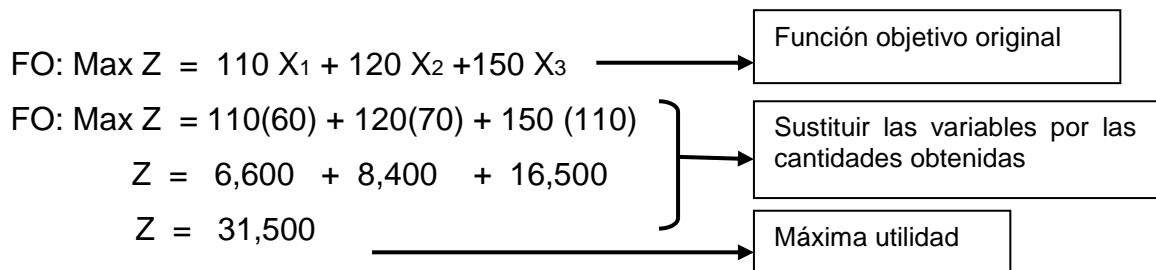
VARIABLES	VALORES
X ₁ =	60
X ₂ =	70
X ₃ =	110
Z =	31,500

El cuadro anterior muestra el valor de cada variable, por lo tanto se procede a comprobar de la siguiente manera:

3.8 Comprobar la función objetivo

Se comprueba la función objetivo, sustituyendo los valores de cada variable en estudio.

Sustituir los valores obtenidos en las variables.



Se sustituyeron las variables de la F.O por los valores que brindó el método simplex por lo tanto, la ecuación original se comprobó.

Obteniendo una cantidad en utilidad de Q31, 500.00 en el método simplex.

3.9 Comprobar en las desigualdades

Se procede a comprobar las restricciones o ecuaciones originales.

Restricción

$$\begin{aligned} 1. \quad 693 X_1 + 930 X_2 + 1155 X_3 &\leq 233,730 \\ 693(60) + 930 (70) + 1155 (110) &\leq 233,730 \\ 41,580 + 65,100 + 127,050 &\leq 233,730 \\ 233,730 &\leq 233,730 \end{aligned}$$

Restricción comprobada, por lo tanto si cumple con el requisito de ser menor o igual a Q233,730.

Restricción

$$\begin{aligned} 2. \quad 50 X_1 + 40 X_2 + 26 X_3 &\leq 8,660 \\ 50 (60) + 40 (70) + 26 (110) &\leq 8,660 \\ 3,000 + 2,800 + 2,860 &\leq 8,660 \\ 8,660 &\leq 8,660 \end{aligned}$$

Restricción comprobada, por lo tanto si cumple con el requisito de ser menor o igual a 8,660.

Restricción

$$\begin{aligned} 3. \quad 2 X_1 + 1 X_2 + 3 X_3 &\leq 520 \\ 2 (60) + 1 (70) + 3 (110) &\leq 520 \\ 120 + 70 + 330 &\leq 520 \\ 520 &\leq 520 \end{aligned}$$

Restricción comprobada, por lo tanto si cumple con el requisito de ser menor o igual a 520.

Restricción

$$\begin{aligned} 4. \quad X_1, X_2 \text{ \& } X_3 &\geq 0 \\ 60, 70 \text{ \& } 110 &\geq 0 \end{aligned}$$

Restricción comprobada, por lo tanto si cumple con el requisito de ser mayor o igual que cero.

Se comprobaron todas las restricciones, por lo tanto los valores que se obtuvieron del modelo matemático, expresa que es la combinación óptima para que la función objetivo se cumpla.

3.10 Respuesta final

Se desarrollo el modelo matemático determinístico simplex, se comprobaron las restricciones, la función objetivo y se estableció una combinación óptima, donde se expresan las ventas que deben realizarse para cumplir con la utilidad máxima en Q31,500.00 por lo tanto, se considera la venta de 60 rollos de espuma, 70 rollos de contrafuerte y 110 rollos de forro.

3.11 Control del método simplex

Para poder implementar un control interno del método simplex es necesario llenar el cuadro siguiente:

Cuadro 14
Control simplex

Departamento: _____ Encargado: _____ ficha No. _____ Fecha: _____						
Características	producto	Ingreso en cantidades	Egreso en cantidades	Total ingreso (Q)	Utilidad obtenida	observaciones

Fuente: Elaboración propia, julio 2012

El cuadro anterior expone las indicaciones principales que deben verificarse y controlarse para el buen funcionamiento del método simplex, es importante que cada departamento tenga conocimientos de dicho cuadro y que se complete una vez al mes. Luego de reunir toda la información, será necesario que se realice un informe para detallar los elementos esenciales y determinar si es necesario realizar actualizaciones al modelo matemático simplex para que se cumpla con los objetivos planteados.

CONCLUSIONES

1. Se demostró que la empresa objeto de estudio no aplica ningún modelo matemático para obtener una combinación óptima de productos, para la venta y poder así aprovechar los recursos de la mejor forma posible.
2. Con base en el diagnóstico realizado en la investigación, se determinó que la empresa no establece ningún control para optimizar recursos, y así obtener la máxima utilidad.
3. La aplicación del modelo matemático simplex, efectivamente ayudó a encontrar la combinación óptima adecuada en las ventas de los productos de contrafuerte, forro y espuma, para maximizar la utilidad de tales productos.
4. Se determinó que para mejorar el proceso de toma de decisiones, es necesario la aplicación de la programación lineal como herramienta central.

RECOMENDACIONES

Tomando como base las conclusiones anteriores, se recomienda a la empresa llevar a cabo las siguientes acciones.

1. Utilizar el modelo matemático determinístico simplex, para mejorar la toma de decisiones y la planeación de las ventas, de esta manera optimizar los recursos de la empresa y cumplir con el objetivo establecido.
2. Para lograr un control en la optimización de los recursos se debe hacer uso del modelo matemático determinístico simplex y los cálculos establecidos para cumplir con los objetivos y lograr la máxima utilidad.
3. Identificar y aprovechar los resultados que brinda el modelo matemático simplex de esta manera obtener la combinación óptima que aproveche la los recursos para obtener máxima utilidad.
4. Que la empresa utilice esta y otras herramientas matemáticas, para que le sirvan tanto de control, como para facilitarle la toma de decisiones, evaluando periódicamente las variables.

BIBLIOGRAFÍA

1. Eppen G.D. y Gould F.J. 1987. Investigación de Operaciones en la ciencia administrativa. México, Prentice Hall. 783 p.
2. Everet E. Adam y Ronald Ebert. 1981. Administración de la producción y las operaciones. México. Prentice Hall. 791 p.
3. Hopeman, Richard J. 1980. Producción conceptos, análisis y control. 2da. ed. México, Continental. 699 p.
4. Kamlesh, M. y Solow D. 1996. Investigación de Operaciones. México, Prentice Hall. 977 p.
5. Lieberman H. 2006. Introducción a la Investigación de Operaciones. 8va. ed. México, Interamericana Editores S.A. de C.V. 1021 p.
6. Taha, H A. 1998. Investigación de operaciones una introducción. Mexico. Prentice Hall. 944 p.
7. Thierauf, Robert J. 2008. Toma de decisiones por medio de investigación de operaciones. México. Limusa, S.A. 560 p.
8. Render, B y Heizer J. 1996. Principios de administración de operaciones. México. Prentice Hall. 624 p.

Consultas en línea:

Conciliación. (En línea).consultado el 18 de mayo 2012. Disponible en:
<http://www.investigacion-operaciones.com/Formulacion%20Problemas.htm>

Conciliación. (En línea).consultado el 22 de mayo 2012. Disponible en:
http://www.phpsimplex.com/teoria_metodo_simplex.htm

Conciliación. (En línea).consultado el 25 de mayo 2012. Disponible en:
<http://www.io3972.wordpress.com/2011/04/07/modelo-matematico-y-metodo-simplex/>

Conciliación. (En línea).consultado el 31 de mayo 2012. Disponible en:
<http://www.programacionlineal.net/simplex.html>

Conciliación. (En línea).consultado el 31 de mayo 2012. Disponible en:
http://www.investigacion-operaciones.com/SIMPLEX_analitico.htm

ANEXOS

ANEXO 1

Entrevista no estructurada dirigida a los empleados

Fecha: _____

Nombre del empleado: _____

Puesto que desempeña: _____

Quien es su jefe inmediato: _____

Años de trabajar en la empresa: _____

1. ¿Cuál es su función principal dentro de la empresa?

2. ¿Con que áreas tiene relación? y ¿Por qué?

3. ¿Cuáles son los procesos que realiza en su área de trabajo?

4. ¿Describa paso a paso los procesos que realiza con cada uno de los productos?

ANEXO 2

Entrevista no estructurada para Gerente general

Fecha: _____

Nombre: _____

Puesto que desempeña: _____

Años de trabajar en la empresa: _____

1. ¿Cuál es la función principal de la empresa?

2. ¿Cuáles son los productos que ofrecen a sus clientes?

3. ¿Cómo y cuáles son los costos de los productos que tienen más rotación?

4. ¿Cuál es el margen de utilidad para los productos de mas rotación?

5. ¿Cuáles son los recursos limitados para la venta de los productos? y ¿Por qué?

6. ¿Quiénes son sus principales proveedores de productos?

7. ¿Cómo es el mercado en el que se encuentra y sus competidores?

8. ¿Cuál es la forma de distribuir los productos?

9. ¿Donde se ubican sus principales clientes?

ANEXO 3

Para determinar la cantidad requerida de peso en la empresa se establece lo siguiente:

Los requerimientos de peso para la distribución de los productos son las cantidades y el peso de los productos necesarios para una adecuada distribución. Cada rollo tiene condiciones en función de tamaño y peso, por lo tanto se analizaron los siguientes datos.

Requerimiento de peso:

Se establece mediante:

- Peso de cada uno de los productos.
- Cantidad de productos.
- Capacidad de vehículo.

Cantidades expresadas en libras

Productos	Peso lbs.	Cantidad	Capacidad de vehículo
Espuma	50	94	4700
Contrafuerte	40	35	1400
Forro	26	99	2574
Total	116	228	8660

Estas cantidades se establecieron en la investigación de campo realizada detallando 8,674 libras tomando en consideración tiene un excedente de 14 libras porque el peso de cada rollo es aproximado, se considero para el análisis únicamente 8,660 excluyendo las 14 libras de exceso.

ANEXO 4

Para determinar la mano de obra requerida por la empresa se establece lo siguiente:

Los requerimientos de mano de obra son los esfuerzos que se deben realizar en el proceso de empaque para los productos, posee tiempos diferentes esto se debe al tipo de empaque de cada uno. Se analizo el requerimiento mano de obra para la empresa con los siguientes datos.

Requerimiento de Mano de obra:

Se establece mediante:

- Tiempo de empaque de los productos.
- Cantidad de productos.
- Tiempo mano de obra.

Cantidades expresadas en minutos

Productos	Mano de Obra	Cantidad	Tiempo Mano de obra
Espuma	2	94	188
Contrafuerte	1	35	35
Forro	3	99	297
Total	6	228	520

El tiempo requerido para el empaque de los productos es de 520 minutos, detallado en el cuadro anterior, considerando el tiempo y la cantidad de cada producto.