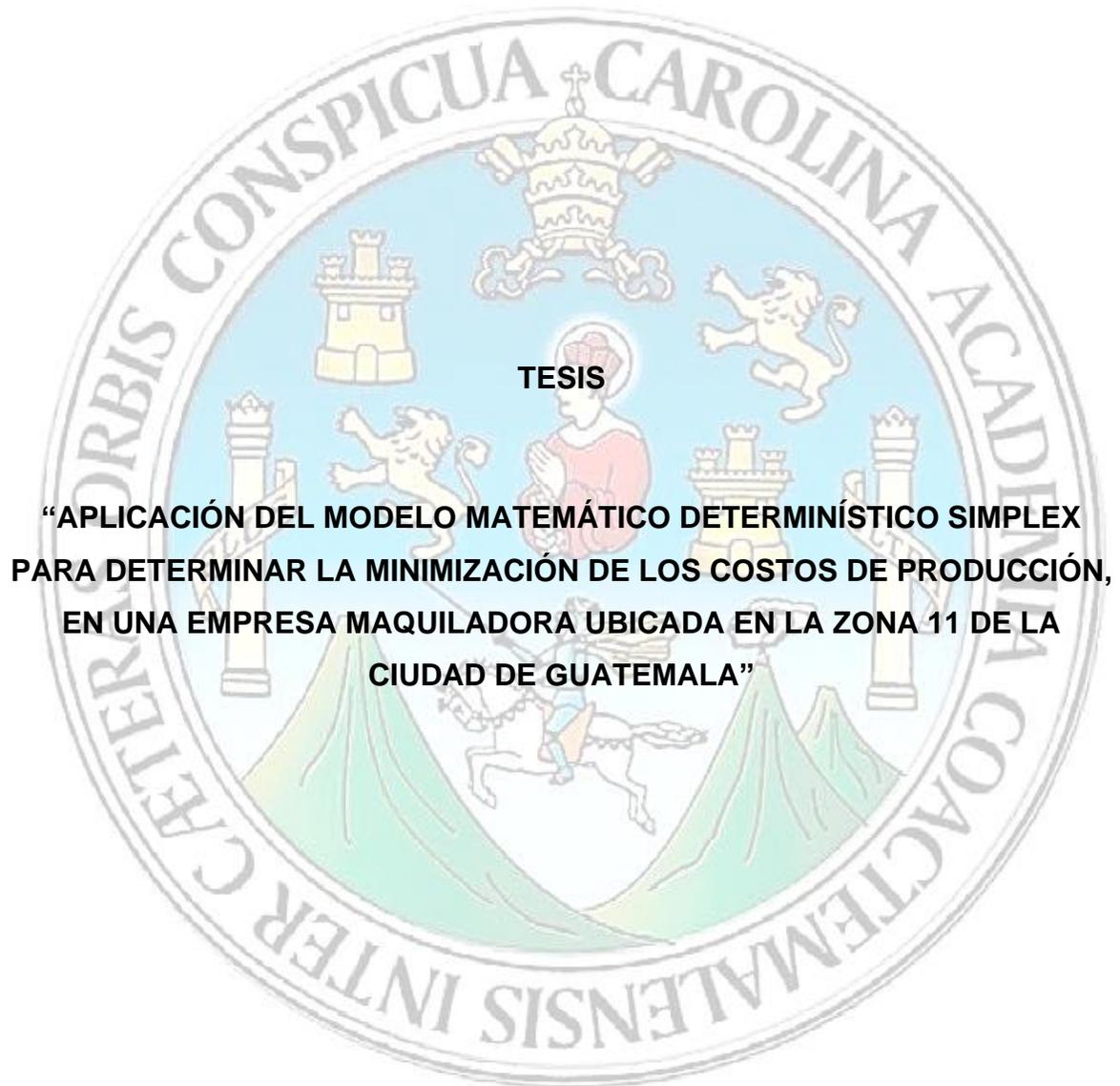


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE EL PROGRESO – CUNPROGRESO –
LICENCIATURA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**



GUASTATOYA EL PROGRESO, MARZO DE 2020

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE EL PROGRESO – CUNPROGRESO –
LICENCIATURA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**



**“APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DETERMINÍSTICO SIMPLEX
PARA DETERMINAR LA MINIMIZACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN,
EN UNA EMPRESA MAQUILADORA UBICADA EN LA ZONA 11 DE LA
CIUDAD DE GUATEMALA”**

TESIS

**PRESENTADO AL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE
EL PROGRESO – CUNPROGRESO –**

POR

MILDRED ELIZABETH HERNÁNDEZ PALENCIA

PREVIO A CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

ADMINISTRADORA DE EMPRESAS

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADA

GUASTATOYA EL PROGRESO, MARZO DE 2020

Guatemala, septiembre del 2019

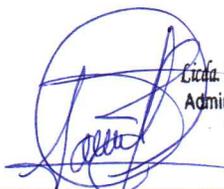
Licenciado
Ariel Alejandro Alvarado Ayala
Coordinador de la Licenciatura en Administración de Empresas
Centro Universitario de El Progreso -CUNPROGRESO-
Universidad de San Carlos de Guatemala
Su despacho

Estimado Coordinador:

De conformidad con el dictamen emitido el siete de abril del año dos mil diecinueve en el que se me designa como asesora de tesis de la estudiante **MILDRED ELIZABETH HERNÁNDEZ PALENCIA**, registro académico 201047338 con el tema “**APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DETERMINÍSTICO SIMPLEX PARA DETERMINAR LA MINIMIZACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN, EN UNA EMPRESA MAQUILADORA UBICADA EN LA ZONA 11 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**”, me permito informarle que he procedido a revisar el contenido de dicho estudio, encontrando que el mismo cumple con los lineamientos y objetivos planteados en el respectivo plan de investigación, aprobado el día siete de septiembre del año dos mil diecinueve.

En virtud de lo anterior y considerando que este trabajo de tesis fue desarrollado de acuerdo con los requisitos reglamentarios del Centro Universitario de El Progreso, me permito recomendarlo para que sea discutido en Examen privado de tesis, previo a optar al título de Administradora de Empresas en el grado académico de licenciada. Sin otro particular, me suscribo con las muestras de mi consideración y estima.

Atentamente,



Licda. Flor de María Gómez Xiquín
Administradora de Empresas
Colegiado 19,468

f)

Licda. Flor De María Gómez Xiquín
Administradora de Empresas
Colegiado No. 19,468

Ref. Orden de Impresión S. A. 01-01/2020

**Centro Universitario de El progreso
Universidad de San Carlos de Guatemala**

La infrascrita Secretaria Académica del Centro Universitario de El Progreso, **HACE CONSTAR:** Que en sesión celebrada el día veinticuatro de febrero de dos mil veinte, según PUNTO TERCERO, inciso 3.1 del acta 03-2020 de la sesión ordinaria celebrada por el Consejo Directivo del Centro Universitario de El Progreso, en la cual **ACUERDA:** Autorizar la impresión de Tesis titulada: **APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DETERMINÍSTICO SIMPLEX PARA DETERMINAR LA MINIMIZACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN, EN UNA EMPRESA MAQUILADORA UBICADA EN LA ZONA 11 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA,** realizada por la estudiante Mildred Elizabeth Hernández Palencia, quien se identifica con numero de carne 201047338.

Y para los efectos correspondientes extendiendo la presente en una hoja bond, firmada y sellada a los veintisiete días del mes de febrero del año dos mil veinte, en la ciudad de Guastatoya, El Progreso.

“Id y enseñad a todos “



**Ing. Carol Andrea Bravo Barrios
Secretaria Académica
CUNPROGRESO**



C. c. Archivo

Barrio El Porvenir, a un costado de Iglesia Evangélica Palabra de Vida, Guastatoya, El Progreso.

Teléfono: 7728-7373

DEDICATORIA

- A Dios:** Padre, Hijo y Espíritu Santo, por darme sabiduría, entendimiento, fortaleza y suplir todo en mi vida; por brindarme la oportunidad de cumplir esta meta, ser mi consuelo en los momentos difíciles, renovar mis fuerzas y levantar alas como las águilas, por todos los momentos de inmensa felicidad. Todo se lo debo a Él.
- A mi amado esposo:** Nelson Rodas, por ese apoyo incondicional a lo largo de toda esta carrera, por su amor, su entrega y por creer en mí. Mi amor este triunfo también es tuyo.
- A mis hijos:** Eduardo, Jazmín y Dania, mi motivación para seguir avanzando; razón por la cual me esmero día con día a darles lo mejor de mí y hacerles sentir que siempre voy a estar para apoyarlos.
- A mis padres:** Jorge Hernández y Lubia Palencia, por darme su amor y su apoyo incondicional desde que decidí tomar esta carrera, por estar allí en todo momento de mi vida, por brindarme la mejor educación, comprensión y sus sabios consejos en mis momentos de debilidad, por ser las personas que han guiado mi vida y haberme regalado lo más valioso de su tiempo, para cuidar de mis tesoros más grandes; mis hijos.
- A mis hermanos:** Claudia Azucena, Jorge Alberto, Sharon Eunice, Janson Emanuel, David Isaí, Jeremy Alexander, por estar allí en los momentos de mi vida, por todo ese apoyo brindado y sus muestras de cariño.

AGRADECIMIENTO

A mi familia: Gracias a todos por brindarme su cariño, apoyo sincero y por hacerme sentir siempre una persona muy especial.

A: **CENTRO UNIVERSITARIO DE EL PROGRESO – CUNPROGRESO** – de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser nuestra casa de estudio y forjarnos como profesionales.

A terna evaluadora de tesis: Lic. Abad Bruce Alberto Herrera Lima, Lic. Henri Danilo Véliz Cruz, Lic. Rudy Francisco Rodríguez Ortiz; por el apoyo académico y profesional que me brindaron para alcanzar esta meta anhelada.

A mis madrinas: Licda. Ana Emilse Rodas, mujer de lucha, ejemplo a seguir y Licda. Flor de María Gómez, también como mi asesora de tesis, a quien agradezco su apoyo, paciencia y dedicación para la realización de mi trabajo de tesis. Mil gracias a las dos, por sus muestras de cariño hacia mi persona, por sus sabios consejos y por transmitirme sus conocimientos para mi formación como profesional.

A mis compañeros: Por su apoyo incondicional, compartir conmigo conocimientos y los momentos inolvidables, los cuales siempre llevaré en mi mente y corazón. Gracias por su sincera amistad.

Dios bendiga a cada uno de ustedes por formar parte de mi vida y de mis triunfos.

ÍNDICE

Contenido	Página
INTRODUCCIÓN	i

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 EMPRESA	1
1.1.1 TIPOS DE EMPRESAS	1
1.1.1.1 Sector de actividad	1
1.1.1.2 Tamaño.....	2
1.1.1.3 Propiedad del capital	3
1.1.1.4 Ámbito de actividad.....	3
1.1.1.5 Destino de los beneficios	4
1.1.1.6 Forma jurídica.....	4
1.2 TOMA DE DECISIONES.....	5
1.2.1 Clasificación de las decisiones.....	5
1.2.2 Las decisiones en el contexto empresarial.....	6
1.3 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES EN LA TOMA DE DECISIONES	7
1.4 INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES.....	7
1.5 MODELOS.....	8
1.5.1 Clasificación de los modelos	8
1.5.1.1 Según la información de entrada	8
1.5.1.2 Según el tipo de representación	9

Contenido	Página
1.5.1.3 Según su aleatoriedad	9
1.5.2 Construcción de los modelos	10
1.6 PROGRAMACIÓN LINEAL.....	11
1.6.1 Supuestos de la programación lineal.....	11
1.6.2 Forma de expresión.....	12
1.6.3 Conceptos de formulación del modelo de programación lineal	12
1.6.3.1 Función objetivo.....	12
1.6.3.2 Variables de decisión.....	13
1.6.3.3 Restricciones	13
1.7 UTILIZACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL PARA LA TOMA DE DECISIONES.....	13
1.8 MÉTODOS DE SOLUCIÓN DE LA PROGRAMACION LINEAL.....	14
1.8.1 Método gráfico.....	14
1.8.2 Método simplex	14
1.8.2.1 Maximización	15
1.8.2.2 Minimización	16
1.8.2.3 No negatividad de las variables	16
1.8.2.4 Solución básica factible	16
1.8.3 Pasos para la minimización a través del método simplex	17
1.8.3.1 Identificar los datos.....	17
1.8.3.1.1 Establecer el objetivo.....	17
1.8.3.1.2 Determinar las variables de decisión	18
1.8.3.1.3 Planteamiento de las restricciones	18

Contenido	Página
1.8.3.2 Planteamiento del problema	18
1.8.3.3 Definir la función objetivo	19
1.8.3.4 Definir las restricciones en forma de desigualdad.....	19
1.8.3.5 Construir la matriz inicial	20
1.8.3.6 Transpuesta de la matriz inicial.....	21
1.8.3.7 Construir el primer tablero simplex	22
1.8.3.7.1 Determinar la columna pivote (CP)	22
1.8.3.7.2 Determinar el elemento pivote (EP)	23
1.8.3.8 Comprobación de la función objetivo	24
1.8.3.9 Comprobación de las restricciones	24
1.8.3.10 Conclusiones y recomendaciones	25

CAPÍTULO II

SITUACIÓN ACTUAL DE LA UNA EMPRESA MAQUILADORA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA

Contenido	Página
2.1 ANTECEDENTES.....	26
2.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA.....	26
2.2.1 Departamento de corte.....	26
2.2.2 Departamento de confección.....	26
2.2.3 Departamento de empaque.....	27
2.2.4 Departamento de distribución.....	27
2.2.5 Departamento de contabilidad.....	27
2.3 ACTIVIDAD COMERCIAL.....	28
2.4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
2.5 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
2.5.1 Demanda promedio.....	30
2.5.2 Materia prima utilizada por cada tipo de camisa.....	31
2.5.3 Inventario de materia prima.....	33
2.5.4 Determinación de precios de los materiales.....	33
2.5.5 Determinación de costos.....	35
2.5.5.1 Costo de materia prima.....	35
2.5.5.2 Costo de mano de obra.....	35
2.5.5.3 Costos indirectos de fabricación.....	36
2.5.5.4 Costo total de fabricación por producto.....	36
2.6 Resumen de la problemática planteada.....	39

CAPÍTULO III

“APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DETERMINÍSTICO SIMPLEX PARA DETERMINAR LA MINIMIZACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN, EN UNA EMPRESA MAQUILADORA UBICADA EN LA ZONA 11 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA”

Contenido	Página
3.1 JUSTIFICACIÓN.....	40
3.2 OBJETIVOS.....	40
3.2.1 General.....	41
3.2.2 Específicos.....	41
3.3 APLICACIÓN DEL MODELO.....	41
3.3.1 Identificación de objetivo.....	41
3.3.2 Variables de decisión.....	41
3.3.3 Restricciones.....	42
3.3.4 Planteamiento del problema.....	43
3.3.5 Definición de la función objetivo.....	43
3.3.6 Definir las restricciones en forma de desigualdades o inecuaciones.....	43
3.3.7 Formar La matriz inicial.....	44
3.3.8 Transpuesta de la matriz inicial.....	45
3.3.9 Construcción del primer tablero simplex.....	45
3.3.10 Segundo tablero simplex.....	46
3.3.11 Tercer tablero simplex.....	47
3.3.12 Cuarto tablero simplex.....	48
3.3.13 Quinto tablero simplex.....	48
3.3.14 Combinación óptima.....	50

Contenido	Página
3.3.15 Comprobación de la función objetivo	50
3.3.16 Comprobación de las restricciones	51
3.3.17 Respuesta final	52
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS.....	56
ANEXOS	58

ÍNDICE DE CUADROS

No.	Contenido	Página
1	Clasificación de las empresas según su tamaño.....	2
2	Planteamiento del problema.....	19
3	Demanda promedio mensual.....	30
4	Materia prima requerida por cada tipo de producto.....	32
5	Inventario de materia prima.....	33
6	Precio de los materiales.....	34
7	Costo de materia prima.....	35
8	Costo de mano de obra.....	36
9	Costos indirectos de fabricación.....	36
10	Costo total de producción Camisa talla L.....	37
11	Costo total de producción Camisa talla M.....	37
12	Costo total de producción Camisa talla S.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	Contenido	Página
1	Matriz inicial.....	21
2	Transpuesta de la matriz inicial.....	21
3	Primer tablero simplex.....	22
4	Segundo tablero simplex.....	23
5	Tercer tablero simplex.....	23
6	Organigrama general de la empresa maquiladora.....	27
7	Productos que ofrece la empresa.....	28
8	Tela pique.....	31
9	Cuello de camisa.....	31
10	Resorte de manga.....	32

ÍNDICE DE GRÁFICAS

No.	Contenido	Página
1	Comportamiento de los precios de la materia prima.....	34

INTRODUCCIÓN

En la administración el control es un elemento clave para las organizaciones empresariales que han sufrido cambios por la apertura de nuevos mercados nacionales e internacionales; por lo que es necesario desarrollar nuevas estrategias para la mejora continua y el buen desempeño en el aprovechamiento de sus recursos, y con esto contribuir con el desarrollo económico, empresarial y social de nuestro país. El mercado actual es altamente competitivo; en ese sentido la mejora continua en la actualidad debe ser el objetivo permanente dentro de una organización, no importando sean pequeñas, medianas y grandes empresas.

El presente trabajado de investigación titulado **“APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DETERMINÍSTICO SIMPLEX PARA DETERMINAR LA MINIMIZACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN, EN UNA EMPRESA MAQUILADORA UBICADA EN LA ZONA 11 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA”**, tiene como objetivo principal establecer una propuesta de solución factible, utilizando el método simplex para diseñar un modelo matemático que optimice las ganancias en la producción, consecuentemente se reduzcan los costos de operación y con esto ofrecer productos de calidad a un menor precio a los clientes reales y potenciales, de tal manera que la empresa aumente su competitividad en el mercado.

El presente estudio organizacional consta de tres capítulos distribuidos de la siguiente manera:

En el capítulo I se detallan los términos fundamentales a utilizar como base para respaldar la investigación.

El capítulo II expone los antecedentes de la empresa, su estructura organizacional y la situación actual, con el fin de evaluar la problemática que afecta a la organización y establecer una propuesta de solución factible.

En el capítulo **III** se detalla la aplicación del modelo matemático simplex, como una opción de solución factible a la problemática planteada y con esto resolverla para optimizar los recursos de la empresa.

Finalmente se incluyen las conclusiones como resultado del análisis realizado y sus respectivas recomendaciones, así mismo las referencias físicas consultadas y anexos.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

Se presentan las principales teorías, principios y conceptos en los cuales se fundamenta el estudio, los que ayudarán a tener una mejor comprensión y análisis de la investigación a realizar.

1.1 EMPRESA

Para Chiavenato (2018) la empresa “es una organización social que utiliza gran variedad de recursos para alcanzar determinados objetivos y su fin puede ser el lucro o la atención de una necesidad social”.

Una empresa está integrada por recursos humanos, materiales y financieros, así mismo está integrada por un grupo de personas que desarrollan un conjunto de actividades encaminadas ya sea a la producción o distribución de bienes y servicios.

1.1.1 TIPOS DE EMPRESAS

Los criterios de clasificación para establecer la tipología de las empresas son los siguientes:

1.1.1.1 Sector de actividad

Este tipo de organizaciones de acuerdo con su actividad se clasifican en:

- a) Empresas del sector primario: a estas se les denomina también extractivo, ya que el elemento básico de la actividad se obtiene directamente de la naturaleza.
- b) Empresas del sector secundario: son todas aquellas que realizan algún proceso de transformación de la materia prima.
- c) Empresas del sector terciario: este incluye a las empresas de servicios en las que utilizan la capacidad humana para trabajos físicos o intelectuales.

1.1.1.2 Tamaño

La clasificación de las empresas MIPYME en Guatemala, se encuentra contemplada en el Acuerdo Gubernativo 211-2015 de fecha 21 de septiembre de 2015. En este se estipula que el tamaño de las empresas tendrá como variables el número de trabajadores y las ventas anuales expresadas en salarios mínimos de actividades no agrícolas.

Cuadro No. 1
Clasificación de las empresas por su tamaño

TAMAÑO DE LA EMPRESA	NÚMERO DE EMPLEADOS	VENTAS ANUALES EN SALARIOS MÍNIMOS MENSUALES DE ACTIVIDADES NO AGRÍCOLAS
MICRO	1 – 10	1 – 190
PEQUEÑA	11 – 80	191 - 3,700
MEDIANA	81 – 200	3,701 - 15,420
Las que superen estos parámetros son consideradas grandes empresas.		

Fuente: Elaboración propia, con información del Acuerdo Gubernativo 2011-2015. OCSE MIPYME Guatemala (2015).

El Acuerdo Gubernativo aclara que en el caso que una empresa califique en dos categorías prevalecerá el criterio de generación de ventas para su clasificación.

Otras características de las empresas, según su tamaño pueden ser:

- a) Grandes: se caracterizan por manejar capitales y financiamientos grandes, por lo general tienen instalaciones propias, tiene miles de empleados de confianza y sindicalizados.
- b) Medianas: en este tipo de empresas intervienen varios cientos de personas que generalmente tienen sindicato, hay áreas definidas con responsabilidades y funciones y procedimientos automatizados.

- c) Pequeñas: son entidades independientes, creadas para ser rentables, que no predominan en la industria a la que pertenecen, y el número de personas que las conforman no excede un determinado límite.
- d) Microempresas: son aquellas de propiedad individual, los sistemas de fabricación son prácticamente artesanales, la maquinaria y el equipo son elementales y reducidos, los asuntos relacionados con la administración, producción, ventas y finanzas son elementales y reducidos; el director o propietario puede atenderlos personalmente.

1.1.1.3 Propiedad del capital

Se refiere a si el capital está en poder de los particulares, de organismos públicos o de ambos, estas se definen en:

- a) Privada: es la categoría de empresa en la cual la propiedad de su capital está en manos privadas. Algunas pueden tener la particularidad de que los propietarios del capital sean a la vez trabajadores de la misma, clientes o proveedores.
- b) Pública: es el tipo de empresa en la que el capital le pertenece al Estado, que puede ser Nacional, Provincial o Municipal.
- c) Mixta: en esta categoría se encuentra el tipo de empresa en la que la propiedad del capital es compartida entre el Estado y los particulares.

1.1.1.4 Ámbito de actividad

Ésta analiza las posibles relaciones e interacciones entre la empresa y su entorno político, económico o social, en este sentido las empresas se clasifican de la siguiente manera:

- a) Locales: son aquellas que operan en una determinada ciudad o municipio.
- b) Provinciales: son las que funcionan en el ámbito geográfico de una provincia o estado de un país.

- c) Regionales: éstas operan y realizan sus ventas en las provincias o regiones.
- d) Nacionales: cuando sus ventas se realizan en todo el territorio de un país o nación.
- e) Multinacionales: sus actividades se extienden a varios países y el destino de sus recursos puede ser cualquier país.

1.1.1.5 Destino de los beneficios

Según el destino que la empresa decida otorgar a los beneficios económicos, que obtenga, pueden categorizarse en dos grupos:

- a) Empresas con fines de lucro: son aquellas que realizan actividades con el fin de obtener medios económicos.
- b) Empresas sin fines de lucro: estas organizaciones se dedican al servicio de la sociedad en general con el único fin de solventar la problemática social.

1.1.1.6 Forma jurídica

Las leyes de cada país regulan las formas jurídicas que pueden adoptar las empresas para el desarrollo de su actividad. La elección de su forma jurídica condicionará la actividad, las obligaciones, derechos y las responsabilidades de la empresa. En este sentido las empresas se clasifican en:

- a) Unipersonal: persona con capacidad legal para ejercer el comercio, responde de forma limitada con todo su patrimonio ante las personas que pudiera verse afectadas por el accionar de la empresa.
- b) Sociedad Colectiva: en este tipo de empresa existe más de un dueño, los socios responden también de forma ilimitada con su patrimonio, y existe participación en la dirección o gestión de la empresa.
- c) Cooperativas: no poseen ánimo de lucro son constituidas para satisfacer las necesidades o intereses socioeconómicos de los cooperativistas.

- d) Comanditarias: poseen dos tipos de socios; los colectivos y comanditarios cuya responsabilidad se limita a la aportación de capital efectuado.
- e) Sociedad de responsabilidad limitada; los socios tienen la característica de asumir una responsabilidad de carácter limitada, respondiendo solo por capital o patrimonio que aportan a la empresa.
- f) Sociedad Anónima: tiene el carácter de la responsabilidad limitada al capital que aportan, pero poseen la alternativa de tener las puertas abiertas a cualquier persona que desee adquirir acciones.

1.2 TOMA DE DECISIONES

Una decisión es una resolución o determinación que se toma respecto a algo. Se conoce como toma de decisiones al proceso que consiste en realizar una elección entre diversas alternativas.

López, (2014) indica que “La toma de decisiones puede aparecer en cualquier contexto de la vida cotidiana, a sea a nivel profesional, familiar, etc. El proceso, en esencia permite resolver los distintos desafíos a los que se debe enfrentar una determinada organización. Al momento de tomar una decisión, entra en juego diversos factores, en caso ideal, se apela a la capacidad analítica (también llamada razonamiento) para escoger el mejor camino posible; cuando los resultados son positivos produce una evolución, un paso a otro estado, se abren las puertas a la solución de conflictos reales y potenciales”.

1.2.1 Clasificación de las decisiones

“Las decisiones se pueden clasificar teniendo en cuenta diferentes aspectos, como lo es la frecuencia con la que se presentan, de la misma manera se clasifican en cuanto a las circunstancias que afrontan estas decisiones, por lo que se dividen en:

- a) **Decisiones programadas:** son aquellas que se toman frecuentemente, es decir son repetitivas y se convierte en una rutina tomarlas; con el tipo de problemas que resuelve y se presentan con cierta regularidad, también se le conocen como decisiones estructuradas, éstas se toman de acuerdo con políticas, procedimientos o reglas escritas que facilitan la toma de decisiones en situaciones recurrentes.
- b) **Decisiones no programadas:** son decisiones que se toman ante problemas o situaciones que se presentan con poca frecuencia, o aquellas que necesitan de un modelo o proceso específico de solución”. (López, 2014)

1.2.2 Las decisiones en el contexto empresarial

Partiendo de las definiciones de Hellriegel (2004) la toma de decisiones es una parte importante de la labor del gerente. Sin embargo, cuando un gerente toma una decisión o cuando el coste de buscar y evaluar las alternativas es bajo, el modelo racional proporciona una descripción moderadamente precisa del proceso de decisión. En el ámbito organizacional, la mayoría de las decisiones significativas se realizan mediante el juicio, más que por un modelo prescriptivo definido.

Conforme se eleva el nivel de la jerarquía de una organización, la capacidad para tomar decisiones no programadas o no estructuradas adquiere más importancia, ya que son este tipo de decisiones las que atañen a esos niveles. Por tanto, la mayor parte de los programas para el desarrollo de gerentes pretenden mejorar sus habilidades para tomar decisiones no programadas, por regla general enseñándoles a analizar los problemas en forma sistemática y a tomar decisiones lógicas.

1.3 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES EN LA TOMA DE DECISIONES

En el plano empresarial, todas las acciones que se emprenden están precedidas de una decisión, he ahí la importancia que existe dentro de la empresa de una buena administración de las decisiones a tomar, ya que una gran parte de estas ayudan al crecimiento y desarrollo de la organización, todo esto está condicionado a que las decisiones tomadas sean acertadas.

En la toma de decisiones intervienen tres elementos esenciales: la experiencia, la intuición y la información objetiva: Cuando se toma una decisión estos tres elementos entran en juego, pero el elemento referente a la información objetiva está determinado por los datos históricos que puede proporcionar la estadística y que permiten construir modelos matemáticos que simulan una situación en condiciones de certidumbre. Estos modelos brindan un resultado que, el que toma la decisión evaluará con elementos traídos de su experiencia y el olfato que tenga para los negocios y el resultado dará una decisión, si no acertada totalmente, sí con un porcentaje alto de éxito.

1.4 INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

La Investigación de Operaciones hace uso de los modelos matemáticos, 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, teniendo en cuenta la escasez para optimizar un objetivo definido, con sus dos formas de optimización, maximización o minimización de las variables en estudio.

Elementalmente, 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.

1.5 MODELOS

Hillier & Lieberman (2010), definen que los modelos son “representaciones idealizadas, que forman una parte integral de la vida diaria. Entre los ejemplos más comunes pueden citarse modelos de aeronaves, retratos, entre otros. De igual manera los modelos tienen un papel importante en la ciencia y los negocios, como la hacen patente los modelos del átomo, las gráficas, los organigramas y sistemas contables de la industria. Estos modelos son invaluable, pues extraen la esencia del material y facilitan el análisis.

Son representaciones de la realidad, que requieren datos cuantificables, así mismo se establecen variables entre las que están: variables de resultado, variables de decisión y variables no controlables, las cuales se componen de ecuaciones y desigualdades que representan la esencia del problema que se requiere solucionar, por lo que los modelos se fundan con dos propósitos: Establecer el problema y las relaciones entre sus variables y facilitar la toma de decisiones para estudiar y analizar la situación.

1.5.1 Clasificación de los modelos

De acuerdo con la utilidad en su campo de aplicación, los modelos se pueden clasificar de la siguiente manera:

1.5.1.1 Según la información de entrada

Respecto a la función de origen los modelos matemáticos pueden ser:

- a) **Heurísticos:** Son los que están basados en las explicaciones sobre las causas o mecanismos naturales que dan lugar al fenómeno

estudiado. “Heurística: Resolución de problemas usando procedimientos y reglas en vez de optimización matemática”. (Heizer & Render, 2009 p. 368)

- b) **Empíricos:** Son los que utilizan las observaciones directas o los resultados de experimentos del fenómeno estudiado.

1.5.1.2 Según el tipo de representación

Los modelos matemáticos encuentran distintas denominaciones en sus diversas aplicaciones como:

- a) **Cualitativos o Conceptuales:** pueden usar figuras, gráficos o descripciones causales, en general para predecir si el estado del sistema irá en determinada dirección o si aumentará o disminuirá alguna magnitud.
- b) **Cuantitativos o numéricos:** usan números para representar aspectos del sistema y generalmente incluyen fórmulas y algoritmos matemáticos más o menos complejos que relacionan los valores numéricos. Heizer & Render, (2009)

1.5.1.3 Según su aleatoriedad

Según su situación inicial concreta, los modelos se clasifican en:

- a) **Modelos determinísticos:** son aquéllos donde se supone que todos los datos pertinentes se conocen con certeza. Es decir, en ellos se supone que cuando el modelo sea analizado se tendrá disponible toda la información necesaria para tomar las decisiones correspondientes. (Hillier & Lieberman, 2010 p.18)

Identifica 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.

- b) **Modelos Probabilísticos o Estocásticos:** algunos elementos no se conocen con certeza. Es decir, en los modelos probabilísticos se presupone que algunas variables importantes, llamadas variables aleatorias, no tendrán valores conocidos antes que se tomen las decisiones correspondientes, y que ese desconocimiento debe ser incorporado al modelo. (Hillier & Lieberman, 2010 p.19)

Por lo tanto, en los problemas determinísticos no juegan ningún papel el azar ni la incertidumbre, mientras que los modelos probabilísticos 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.

1.5.2 Construcción de los modelos

Desarrollar modelos cuantitativos en un ambiente de negocios es de suma importancia, ya que, para lograr la solución óptima, la esencia del problema debe ser representado por términos matemáticos. El modelo matemático se construye primeramente, por definir situaciones administrativas que conducen a las variables de decisión, además identificar y definir de manera clara y concisa los objetivos, extrayendo el primordial, el cual debe ser planteado de forma matemática así también, el de las restricciones que son condiciones o limitantes del problema.

“La construcción de un modelo es la esencia del proceso científico de toma de decisiones. Un modelo describe la esencia de un problema o de las relaciones por abstracción de las variables relevantes de la situación en el mundo real y las expresa en una forma simplificada para que el tomador de decisiones pueda estudiar las relaciones

básicas en forma aislada. El problema reconstruido (modelo) es entonces usado para el análisis y la prueba de soluciones alternativas”. (Monks, 2009 p.11)

1.6 PROGRAMACIÓN LINEAL

“La programación lineal utiliza un modelo matemático para describir el problema. El adjetivo lineal significa que todas las funciones matemáticas del modelo deben ser funciones lineales. La palabra programación en esencia es sinónimo de planeación. Por lo tanto, la programación lineal involucra la planeación de las actividades para obtener un resultado óptimo; esto es, el resultado que mejor alcance la meta especificada, de acuerdo con el modelo matemático, entre todas las alternativas factibles”. (Heizer & Render, 2009)

Es una técnica matemática de solución a problemas que requieren la definición de los valores de las variables involucradas en la decisión, para optimizar un objetivo a alcanzar dentro de un conjunto de limitaciones o restricciones, que constituyen las reglas del juego. Esta técnica permite analizar los recursos de producción para maximizar las utilidades y minimizar los costos, asimismo la guía para la toma de decisión y darle solución a un problema administrativo que se suscite en cualquier empresa.

1.6.1 Supuestos de la programación lineal

“En la realidad, los supuestos de programación lineal están implícitos en la formulación de modelos; los supuestos simplemente son que el modelo debe tener una función objetivo lineal sujeta a restricciones lineales. Sin embargo, desde el punto de vista de modelación, estas propiedades matemáticas de un modelo de programación lineal implican que se deben considerar ciertos supuestos acerca de las actividades y datos del problema que será modelado, incluso algunos

acerca del efecto de las variaciones en el nivel de las actividades”.
(Mathur & Solow, 2005)

1.6.2 Forma de expresión

Taha H. (2009) indica que estos modelos se expresan matemáticamente de la siguiente forma: cuando es lineal la función que se desea maximizar o minimizar (X, Y) tiene la siguiente forma de expresión en la cual a y b son constantes:

$$\text{Max } Z = ax+bx+cx \quad \text{o} \quad \text{Min } Z = ax+bx+cx$$

1.6.3 Conceptos de formulación del modelo de programación lineal

Para desarrollar el modelo de programación lineal es necesario identificar diferentes conceptos matemáticos que ayudarán a la solución del problema. A continuación, se presentan los siguientes:

1.6.3.1 Función objetivo

Taha H. (2009) indica que dicho término se refiere a que la función objetivo define la efectividad del sistema como una función matemática de sus variables de decisión, ya sea maximizar o minimizar. Si se maximiza generalmente serán ganancias, rendimiento, eficiencia o efectividad; si por el contrario, se minimiza será costo y tiempo.

La FO es el “planteamiento de un objetivo lineal definido; este objetivo puede servir para maximizar la contribución utilizando recursos disponibles, o bien, producir el mínimo costo posible, usando una cantidad limitada de factores productivos, o bien, puede determinar la mejor distribución de los factores productivos dentro de un cierto periodo”. (Thierauf & Grosse, 2008)

1.6.3.2 Variables de decisión

“Constituye las incógnitas del problema, consistente básicamente en los niveles de todas las actividades que puedan llevarse a cabo en el problema a formular”. (Thierauf & Grosse, 2008) Es decir, que son las interrogantes a determinar con la solución del modelo.

1.6.3.3 Restricciones

“Son las limitaciones o restricciones impuestas sobre las decisiones permisibles. Las restricciones se presentan generalmente en dos formas: limitaciones y requerimientos. Las restricciones pueden subdividirse aún más para reflejar las limitaciones y requerimientos físicos, económicos y exigencias de política operativa”. (Hillier & Lieberman, 2010)

1.7 UTILIZACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL PARA LA TOMA DE DECISIONES

La Programación Lineal es en esencia métodos cuantitativos para los negocios, que se aplican a diferentes áreas empresariales: producción, finanzas, transporte, manufactura, inventarios, que da como resultado los elementos objetivos para tomar una buena decisión.

Estos instrumentos son en esencia modelos matemáticos que ayudan a la resolución de problemas dentro de las organizaciones por lo cual es importante establecer las causas y efectos del problema para luego establecer el método que se aplicará. A continuación, se presentan algunos de los métodos de programación lineal:

1.8 MÉTODOS DE SOLUCIÓN DE LA PROGRAMACION LINEAL

Dentro de los métodos de Programación Lineal se puede mencionar el método gráfico, simplex, asignación, transporte, entre otros. Los cuales proporcionan una solución factible a la problemática planteada dentro de las organizaciones. A continuación se detalla cada uno de los modelos de Programación Lineal.

1.8.1 Método gráfico

El método gráfico es también conocido como método geométrico y es aplicable a problemas de Programación Lineal, donde únicamente intervienen dos variables, con este método se busca maximizar o minimizar una función objetivo sujeta a ciertas restricciones lineales.

“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.” (García & Sabater, 2012, p. 154)

1.8.2 Método Simplex

El método simplex implica un procedimiento en forma algebraica, que permite repetidamente mejorar una solución básica hasta encontrar un programa óptimo.

De acuerdo con lo que indica Thierauf & Grosse (2008) “este método es factible para la solución de problemas de programación lineal que tienen más de dos variables de decisión. 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”.

El Método Simplex se utiliza para resolver problemas de programación lineal; su proceso es recíproco, lo que da como resultado una serie de operaciones sucesivas hasta que se encuentra la mejor solución. Una cualidad básica de este método es que la última solución produce finalmente una respuesta óptima al problema planteado; dando como resultado una maximización o minimización de la función objetivo.

1.8.2.1 Maximización

La maximización es un procedimiento algebraico que se utiliza para obtener una combinación óptima de las variables de decisión, con el fin de maximizar la función objetivo, como ejemplo, el rendimiento de utilidades.

“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”.
(Taha H., 2010)

Dependiendo de las necesidades de la empresa o sujeto; el objetivo principal de este procedimiento es conseguir el máximo beneficio de la función objetivo, como ejemplo, las ganancias.

1.8.2.2 Minimización

Es la función objetivo que se obtiene por medio de un procedimiento algebraico, el cual llega a una combinación óptima, como ejemplo, minimizar costos de producción.

Como lo indica Taha H. (2010) que la minimización 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.

La solución óptima en este procedimiento dará como resultado una minimización de la función objetivo, como ejemplo, los costos de producción; dependiendo de las necesidades de la empresa objeto en estudio.

1.8.2.3 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, ya que no es posible que exista el signo negativo en cantidades reales.

1.8.2.4 Solución básica factible

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.

“La solución básica factible (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.” (Taha H., 2010)

1.8.3 Pasos para la minimización a través del método simplex

A continuación, se presenta la secuencia de cómo dar solución a un modelo matemático simplex (minimización).

1.8.3.1 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.

1.8.3.1.1 Establecer el objetivo

La función objetivo es lo que se pretende lograr con la aplicación 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.” (Taha H., 2010) Para las variables puede ser una Maximización o Minimización se utiliza “Z”

La función objetivo expresada en forma matemática

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

1.8.3.1.2 Determinar las variables de decisión

“Una cantidad cuyo valor se puede controlar y es necesario determinar para solucionar un problema de decisión” (Taha H., 2010). 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 “Xn”.

1.8.3.1.3 Planteamiento de las restricciones

Es “una limitación sobre los valores de variables en un modelo matemático típicamente impuestos por condiciones externas”. (Taha, H., 2010)

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.

1.8.3.2 Planteamiento del problema

El siguiente 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.

“La forma tabular del método simplex registra solo la información esencial, tal como: los coeficientes de las variables, las constantes del lado derecho de la ecuación, 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”. (Thierauf & Grosse, 2008)

Cuadro No. 2
Planteamiento del problema

Concepto de restricción	X1	X2	X3	Disponibilidad	Forma del signo
A	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃	A _m	≥
B	B ₂₁	B ₂₂	B ₂₃	B _m	≥
C	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C _m	≥
Costo	E₁	E₂	E₃		

Fuente: Elaboración propia con base a Taha H., 2010.

1.8.3.3 Definir la función objetivo

Función Objetivo: Minimizar $Z = E_1X_1 + E_2X_2 + E_3X_3 + \dots + E_nX_n$

1.8.3.4 Definir las restricciones en forma de desigualdad

Thierauf, R & Grosse, R. (2008) “definen que 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 o iguales que (\geq) o menores o iguales 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 (\leq) y para una minimización es (\geq).

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”.

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. Por ejemplo:

1. $X_1 + X_2 + X_3 \leq C_m$

2. $2X_1 + 3X_2 + 5X_3 \leq C_m$

3. $X_1 + 2X_2 + 2X_3 \leq C_m$

4). $X_1; X_2 \& X_3 \geq 0$ restricción de no negatividad

1.8.3.5 Construir la matriz inicial

Se forma con los coeficientes y las constantes de las desigualdades y en el último renglón se incluye los factores de la función objetivo, lo cual se describe a continuación:

Figura No. 1
Matriz inicial

$$\left(\begin{array}{ccc|c}
 A_{11} & A_{12} & A_{1n} & C_1 \\
 A_{21} & A_{22} & A_{2n} & C_2 \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 A_{m1} & A_{m2} & A_{m3} & C_m \\
 \hline
 P_1 & P_2 & P_n & \\
 \end{array} \right)$$

Fuente: Tomado de, Taha H. 2010.

1.8.3.6 Transpuesta de la matriz inicial

La transpuesta de una matriz se refiere a que los coeficientes de la matriz inicial se transponen de acuerdo con la posición que ocupan; las filas se convierten en columnas y las columnas se convierten en filas. La cual se presenta en la figura 2.

Figura No. 2
Transpuesta de la matriz inicial

$$\left(\begin{array}{ccc|c}
 A_{11} & A_{21} & A_{m1} & P_1 \\
 A_{12} & A_{22} & A_{m2} & P_2 \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 A_{1n} & A_{2n} & A_{m3} & P_n \\
 \hline
 C_1 & C_2 & C_m & \\
 \end{array} \right)$$

Fuente: Tomado de, Taha H. 2010.

1.8.3.7 Construir el primer tablero simplex

Luego de construir la matriz inicial y realizar su transpuesta, se procede a construir el primer tablero simplex tomando como base los coeficientes de la matriz transpuesta para la primera parte del tablero; agregar una matriz identidad para obtener los resultados a minimizar. A continuación, se presenta un ejemplo:

Figura No. 3
Primer tablero simplex

R₁	R₂	R₃	X₁	X₂	X₃	Z
A ₁₁	A ₂₁	A ₃₁	1	0	0	P ₁
A ₁₂	A ₂₂	A ₃₂	0	1	0	P ₂
A ₁₃	A ₂₃	A ₃₃	0	0	1	P ₃
-C ₁	-C ₂	-C ₃	0	0	0	0

Fuente: Tomado de, Taha H. 2010.

1.8.3.7.1 Determinar la columna pivote (CP)

Para establecer la columna pivote se analizará la última fila del tablero, la que representa la función objetivo, luego se elige el menor valor de la fila, se ejemplifica en el siguiente tablero.

Figura No. 4
Segundo tablero simplex

R ₁	R ₂	R ₃	X ₁	X ₂	X ₃	Z
A ₁₁	A ₂₁	A ₃₁	1	0	0	P ₁
A ₁₂	A ₂₂	A ₃₂	0	1	0	P ₂
A ₁₃	A ₂₃	A ₃₃	0	0	1	P ₃
-C ₁	-C ₂	-C ₃	0	0	0	0

CP

Fuente: Tomado de, Taha H. 2010.

1.8.3.7.2 Determinar el elemento pivote (EP)

El elemento pivote se conoce dividiendo la columna de las constantes (z) dentro de la columna pivote encontrada en el paso anterior, luego se elige el menor cociente positivo, considerando que no se pueden tomar los valores negativos y cero, como se muestra en el siguiente tablero.

Figura No. 5
Tercer tablero simplex

	R ₁	R ₂	R ₃	X ₁	X ₂	X ₃	Z
EP	A ₁₁	A ₂₁	A ₃₁	1	0	0	P ₁
	A ₁₂	A ₂₂	A ₃₂	0	1	0	P ₂
	A ₁₃	A ₂₃	A ₃₃	0	0	1	P ₃
	-C ₁	-C ₂	-C ₃	0	0	0	0

CP

Fuente: Tomado de, Taha H. 2010.

Elemento pivote (EP)

$$\begin{array}{l} P_1 / A_{31} = 1 \\ P_2 / A_{32} = 3 \\ P_3 / A_{33} = 2 \\ P_n / A_n = 4 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} P_1 / A_{31} = 1 \\ P_2 / A_{32} = 3 \\ P_3 / A_{33} = 2 \\ P_n / A_n = 4 \end{array}} \right\} \begin{array}{l} \text{El menor cociente positivo = Elemento pivote} \\ \text{Ejemplo de números como posibles respuestas.} \end{array}$$

Repetir cada uno de los pasos anteriormente descritos hasta encontrar la solución óptima, la cual será identificada cuando los valores de la última fila del tablero todos sean ceros o positivos.

1.8.3.8 Comprobación de la función objetivo

Consiste en sustituir las variables de decisión por los valores de X_n de la solución óptima de esta manera se realiza la comprobación de la función objetivo.

FO: Min Z = Función Obejtivo: Minimizar Z

FO: Min Z = $P_1X_1 + P_2X_2 + P_3X_3+ \dots\dots\dots P_nX_n$

FO: Min Z = $P_1 (Y_1) + P_2 (Y_5) + P_3 (Y_4)+\dots\dots\dots P_n(Y_n)$

FO: Min Z = Z

1.8.3.9 Comprobación de las restricciones

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

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

2) $Y_1 + Y_5 + Y_4 \leq C_m$

$C_m \leq C_m$

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

4) $2Y_1 + 3Y_5 + 5Y_4 \leq C_m$

$C_m \leq C_m$

5) $X_1 + 2X_2 + 2X_3 \leq C_m$

6) $Y_1 + 2Y_5 + 2Y_4 \leq C_m$

$C_m \leq C_m$

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

8) $Y_1; Y_5 \text{ \& } Y_4 \geq 0$

1.8.3.10 Conclusiones y recomendaciones

Formulado el modelo matemático, se procede a dar respuesta al problema establecido, es decir, obtener valores numéricos para las variables de decisión. 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.

CAPÍTULO II

SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA MAQUILADORA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la investigación de campo realizada en la unidad de análisis e información que se obtuvo a través de las entrevistas realizadas a los trabajadores de la empresa.

2.1 ANTECEDENTES

La empresa inició en el mes de marzo del año 1995 como un taller artesanal, con el tiempo fue posicionándose en el mercado de prendas de vestir en general, en la actualidad ha crecido de tal manera que cuenta con diferentes tiendas para la venta de sus productos a nivel mayorista y minorista. Sus instalaciones centrales se localizan en la zona 11 de la ciudad capital.

2.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA

La unidad en estudio cuenta con una gerencia general y cinco departamentos conformados por: contabilidad, corte, confección, empaque y distribución.

2.2.1 Departamento de corte

Actualmente cuenta con 5 colaboradores quienes son los encargados de llevar a cabo el corte de cada una de las prendas que se producen.

2.2.2 Departamento de confección

Es el responsable de confeccionar cada uno de los estilos de prenda producidas en la empresa, este departamento está constituido por 10 trabajadores.

2.2.3 Departamento de empaque

Cuenta con 3 trabajadores quienes son los encargados de llevar el control de calidad de cada una de las prendas confeccionadas para luego ser empaçadas y llevarlas a su embalaje.

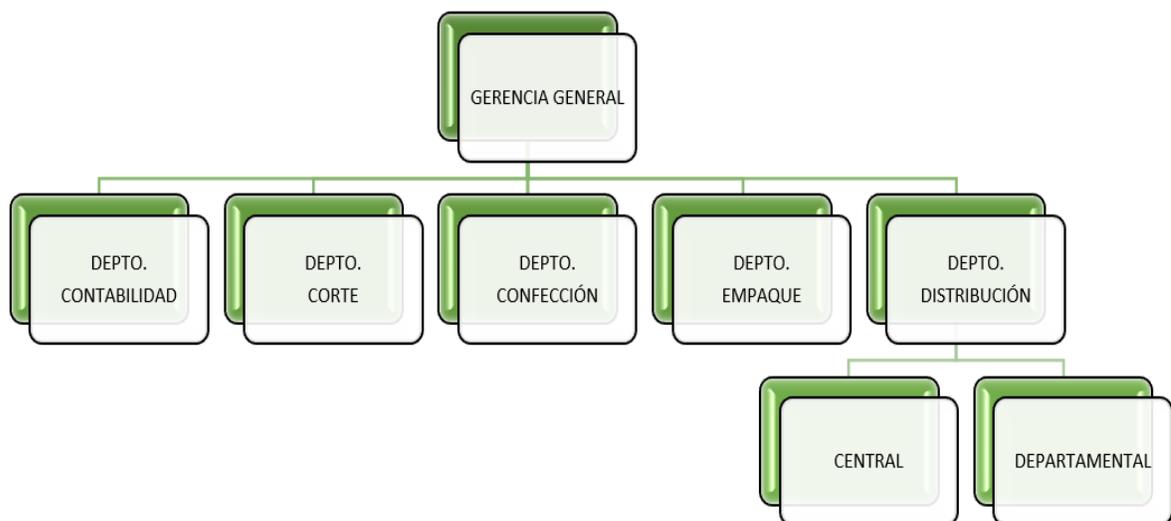
2.2.4 Departamento de distribución

Este departamento está conformado por 2 trabajadores; se encargan de la distribución y almacenamiento de los productos que ofrece la empresa.

2.2.5 Departamento de contabilidad

Lleva el control de los estados financieros, elaboración del presupuesto de ingresos y egresos de la organización en general, control de los pagos de impuestos, pagos de los proveedores y acreedores etc.

Figura No. 6
Organigrama General
Empresa maquiladora
Junio 2019



Fuente: Información proporcionada por la empresa, junio 2019

2.3 ACTIVIDAD COMERCIAL

La empresa maquiladora se dedica a la producción y comercialización de prendas de vestir entre ellas se pueden mencionar las camisas tipo polo, este producto es el de mayor demanda ya que se utiliza para uniformes colegiales y empresariales.

Sus productos son distribuidos en todo el territorio nacional. En sus inicios la empresa empezó sus labores como un taller artesanal, logrando una aceptación considerable por sus clientes, lo cual ha permitido el crecimiento de la empresa.

Figura No. 7
Productos que ofrece
Empresa maquiladora
Junio 2019



Fuente: información proporcionada por la empresa, junio 2019.

2.4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para la realización de la investigación y recolección de información se utilizaron métodos y técnicas que fueron fundamentales para obtener datos reales sobre la problemática en estudio; los cuales se describen a continuación:

Se tomaron en cuenta dos fases del método científico; la fase indagadora con la que se recolectó información de fuentes primarias a través de las entrevistas realizadas a los colaboradores de la empresa, con el fin de obtener datos verídicos y determinar la situación actual.

Fuentes secundarias como lo es el internet y libros de texto relacionados con la investigación. Asimismo, se utilizó la fase demostrativa con la cual se demostró la validez de las hipótesis previamente planteadas, con base en la información que se obtuvo en la investigación.

De la misma manera se tomaron en cuenta técnicas para la recopilación de información entre las cuales se pueden mencionar: la entrevista realizada al colaborador del área financiera, para determinar los costos en los que incurre la empresa para la producción de cada una de las prendas. Para la recolección de la información se utilizó una guía que incluyó preguntas relacionadas con el tema, para que cada uno de los colaboradores proporcionara la información necesaria para la investigación.

2.5 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Luego de realizar la entrevista a los trabajadores de la empresa, se obtuvo información importante, la cual permitió cumplir con los objetivos de la investigación y comprobar las hipótesis planteadas anteriormente.

A continuación, se presenta la demanda promedio de cada producto, los materiales utilizados para producirlos, inventarios con los que cuenta la empresa, precios, etc.

Seguidamente se muestran los costos en los que incurre la organización para producir cada tipo de producto para lo cual se detallan los cálculos correspondientes.

2.5.1 Demanda promedio

Para conocer la demanda promedio mensual de los productos de mayor comercialización, los cuales son las camisas tipo polo en sus tallas L, M y S, se realizó un análisis del segundo semestre del año dos mil dieciocho y los meses de enero y febrero del dos mil diecinueve, ya que no existe una demanda específica del producto mensual por ser una demanda estacional. Por lo tanto, se realizó el promedio de ésta como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 3
Demanda promedio mensual
Empresa maquiladora
Junio 2019

Año	Mes	Talla L	Talla M	Talla S	TOTAL
2018	Julio	500	300	400	1,200
	Agosto	500	300	400	1,200
	Septiembre	750	400	500	1,650
	Octubre	500	350	450	1,300
	Noviembre	500	310	450	1,260
	Diciembre	600	360	500	1,460
2019	Enero	750	430	600	1,780
	Febrero	700	430	540	1,670
DEMANDA PROMEDIO		600	360	480	1,440

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la empresa, junio 2019

Se determinó que en promedio la demanda de camisas polo para la talla L es de 600 u., talla M 360 u. y para la talla S de 480 unidades al mes.

2.5.2 Tipo de materiales utilizados para la producción

A continuación, se presentan los materiales utilizados para la producción de las camisas polo.

Figura No. 8
Tela Piqué



Fuente: Información proporcionada por la empresa, junio 2019

Figura No. 9
Cuello de camisa



Fuente: Información proporcionada por la empresa, junio 2019

Figura No. 10
Resorte de manga



Fuente: Información proporcionada por la empresa, junio 2019

2.5.3 Materia prima utilizada por cada tipo de camisa

De acuerdo con la información proporcionada por el gerente de la empresa maquiladora, los materiales utilizados para producir cada prenda son los siguientes:

Cuadro No. 4
Materia prima requerida por cada tipo de producto
Empresa maquiladora
Junio 2019

		Cantidad		
Materia Prima	Unidad de medida	Talla L	Talla M	Talla S
Piqué	Yarda	1 3/4	1 1/2	1 1/4
Cuello	unidades	1	1	1
Resorte	unidades	2	2	2
Hilo	Cono	1	1	1

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la empresa, junio 2019

2.5.4 Inventario de materia prima

A continuación, se presenta el inventario mínimo que la empresa mantiene por cada material utilizado para la confección de los productos que actualmente se maneja dentro de la maquiladora, información recolectada a través de la entrevista realizada.

Cuadro No. 5
Inventario de materia prima
Empresa maquiladora
Junio 2019

Material	Inventario		Disponibilidad Total
Piqué	49 rollos	50 yardas c/u	2,450 Yardas
Cuello	16 paquetes	100 unidades c/u	1,600 Unidades
Resorte	32 paquetes	100 unidades c/u	3,200 Unidades
Hilo	80 cajas	20 unidades c/u	1,600 Unidades

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la empresa, junio 2019

2.5.5 Determinación de precios de los materiales

Se realizó el análisis correspondiente a los precios de cada uno de los materiales, debido a que éste no es constante se llevó a cabo un promedio, tomando en cuenta el segundo semestre del año dos mil dieciocho y el primer trimestre del año dos mil diecinueve, por lo cual se determinó lo siguiente:

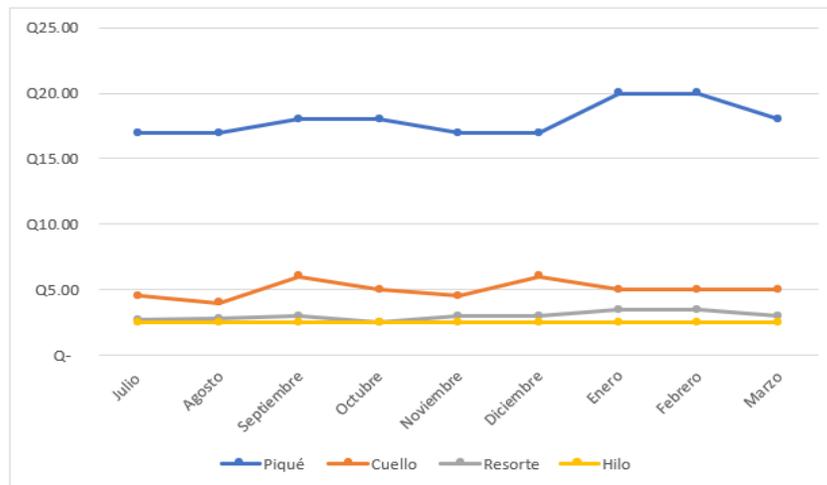
Cuadro No. 6
Precio de los materiales
Empresa maquiladora
Junio 2019

		Materiales				
Año	Mes	Piqué /Yarda	Cuello / Unidad	Resorte / Par	Hilo / Unidad	
2018	Julio	Q 17.00	Q 4.50	Q 2.70	Q 2.50	
	Agosto	Q 17.00	Q 4.00	Q 2.80	Q 2.50	
	Septiembre	Q 18.00	Q 6.00	Q 3.00	Q 2.50	
	Octubre	Q 18.00	Q 5.00	Q 2.50	Q 2.50	
	Noviembre	Q 17.00	Q 4.50	Q 3.00	Q 2.50	
	Diciembre	Q 17.00	Q 6.00	Q 3.00	Q 2.50	
2019	Enero	Q 20.00	Q 5.00	Q 3.50	Q 2.50	
	Febrero	Q 20.00	Q 5.00	Q 3.50	Q 2.50	
	Marzo	Q 18.00	Q 5.00	Q 3.00	Q 2.50	
PRECIO PROMEDIO		Q 18.00	Q 5.00	Q 3.00	Q 2.50	

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la empresa, junio 2019

En la siguiente grafica se muestra el comportamiento de los precios durante el periodo analizado.

Gráfica No. 1
Comportamiento de los precios de la materia prima
Empresa maquiladora



Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la empresa, junio 2019

2.5.6 Determinación de costos

A continuación, se presentan los costos fijos y variables en los que incurre la empresa para la fabricación de cada uno de los productos.

Dentro de los costos de producción que registra la empresa se definen los siguientes:

2.5.6.1 Costo de materia prima

De acuerdo con los datos proporcionados por la empresa se estableció que los costos de la materia prima están integrados de la siguiente manera:

Cuadro No. 7
Costo de materia prima
Empresa maquiladora
Junio 2019

		Cantidad				Costos totales		
Materia Prima	Unidad de medida	Talla L	Talla M	Talla S	Costos unitarios	Talla L	Talla M	Talla S
Piqué	Yarda	1 3/4	1 1/2	1 1/4	Q 18.00	Q 31.50	Q 27.00	Q 22.50
Cuello	unidades	1	1	1	Q 5.00	Q 5.00	Q 5.00	Q 5.00
Resorte	unidades	2	2	2	Q 3.00	Q 6.00	Q 6.00	Q 6.00
Hilo	Cono	1	1	1	Q 2.50	Q 2.50	Q 2.50	Q 2.50
TOTAL MATERIA PRIMA						Q 45.00	Q 40.50	Q 36.00

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la empresa, junio 2019

Los costos totales están integrados por la multiplicación de la cantidad utilizada por cada producto por el costo unitario del material.

2.5.6.2 Costo de mano de obra

En el cuadro siguiente se detalla el costo total de mano de obra utilizada para la producción de las camisas polo. Actualmente la empresa cuenta con 18 trabajadores distribuidos en las áreas siguientes: corte, confección y empaque.

Cuadro No. 8
Costo de mano de obra
Empresa maquiladora
Junio 2019

DEPARTAMENTO	PERSONAL	SALARIO	TOTAL
Corte	5	Q 2,750.00	Q 13,750.00
Confección	10	Q 2,750.00	Q 27,500.00
Empaque	3	Q 2,750.00	Q 8,250.00
TOTAL MANO DE OBRA			Q 49,500.00

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la empresa, junio 2019

2.5.6.3 Costos indirectos de fabricación

Dentro de los costos indirectos de fabricación se detallan los siguientes rubros los cuales forman parte de los costos de producción; estos se integran por los gastos de transporte, gastos generales (agua, luz, teléfono) y el material de empaque utilizado para las camisas polo y mano de obra indirecta.

Cuadro No. 9
Costos indirectos de fabricación
Empresa maquiladora
Junio 2019

CONCEPTO	TOTAL
Mano de Obra Indirecta	Q 5,500.00
Transporte	Q 2,500.00
Gastos Generales	Q 2,500.00
Material de empaque	Q 3,000.00
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	Q 13,500.00

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la empresa, junio 2019

2.5.6.4 Costo total de fabricación por producto

Luego de conocer cada uno de los costos en los que incurre la empresa para producir las camisas polo, (materia prima, mano de obra y costos indirectos), se procedió a integrar el costo total de cada tipo de camisa, los cuales se muestran en los siguientes cuadros:

Cuadro No. 10
Costo total de producción Camisa talla L
Empresa maquiladora
Junio 2019

CAMISA TALLA L				
Cantidad de yardas	Descripción	Costo unitario		Costo por camisa
1.75	Piqué	Q	18.00	Q 31.50
1.00	Cuello	Q	5.00	Q 5.00
2.00	Resorte	Q	3.00	Q 6.00
1.00	Hilo	Q	2.50	Q 2.50
Total Materia Prima				Q 45.00
Total Mano de Obra		Q 49,500/1,440		Q 34.38
Total Costos Indirectos		Q 13,500/1,440		Q 9.38
Costo total talla L				Q 88.75

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la empresa, junio 2019

El costo total de la camisa polo talla L asciende a Q 88.75.

Cuadro No. 11
Costo total de producción Camisa talla M
Empresa maquiladora
Junio 2019

CAMISA TALLA M				
Cantidad de yardas	Descripción	Costo unitario		Costo por camisa
1.50	Piqué	Q	18.00	Q 27.00
1.00	Cuello	Q	5.00	Q 5.00
2.00	Resorte	Q	3.00	Q 6.00
1.00	Hilo	Q	2.50	Q 2.50
Total Materia Prima				Q 40.50
Total Mano de Obra		Q 49,500/1,440		Q 34.38
Total Costos Indirectos		Q 13,500/1,440		Q 9.38
Costo total talla M				Q 84.25

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la empresa, junio 2019

El costo total de producción de la camisa polo talla M es de Q 84.25.

Cuadro No. 12
Costo total de producción Camisa talla S
Empresa maquiladora
Junio 2019

CAMISA TALLA S				
Cantidad de yardas	Descripción	Costo unitario		Costo por camisa
1.25	Piqué	Q	18.00	Q 22.50
1.00	Cuello	Q	5.00	Q 5.00
2.00	Resorte	Q	3.00	Q 6.00
1.00	Hilo	Q	2.50	Q 2.50
Total Materia Prima				Q 36.00
Total Mano de Obra		Q 49,500/1,440		Q 34.38
Total Costos Indirectos		Q 13,500/1,440		Q 9.38
Costo total talla S				Q 79.75

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la empresa, junio 2019

2.6 Resumen de la problemática planteada

A continuación, se detalla un resumen breve de la problemática encontrada en la empresa maquiladora ubicada en la ciudad capital.

De acuerdo con la información recabada a través de las entrevistas realizadas a los trabajadores, se determinó que la empresa constituida como unidad de análisis, carece de programas de control de la producción y así mismo de los volúmenes de compra en insumos, lo cual no permite a la organización determinar la producción óptima de camisas polo en sus diferentes tallas. Como consecuencia se ha generado que en la unidad objeto de estudio se presenten pérdidas en la cartera de clientes por falta de cumplimiento de los pedidos, debido a que no se tiene existencia del producto demandado, disminución en las utilidades y elevación de los costos de producción; de la misma manera se realizó una entrevista al gerente de la empresa para conocer el costo total de la producción de camisas polo. Basado en la información que la empresa proporcionó, el costo mensual de producción en el que incurre actualmente es de Q 128,700.00.

Luego de analizar la situación actual y determinar la problemática que existe en la en la empresa maquiladora y con el fin de brindar una solución a la problemática planteada, en el siguiente capítulo se presenta la propuesta de un modelo matemático determinístico simplex, el cual proporciona ayuda al momento de tomar la decisión de lo que se debe producir para que la empresa logre minimizar sus costos y con esto sea más competitiva en el mercado de prendas de vestir.

CAPÍTULO III

“APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DETERMINÍSTICO SIMPLEX PARA DETERMINAR LA MINIMIZACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN, EN UNA EMPRESA MAQUILADORA UBICADA EN LA ZONA 11 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA”

Luego de presentar los resultados y análisis obtenidos de la investigación documental y de campo realizada, donde se estableció por medio de las entrevistas realizadas a los trabajadores, que la empresa maquiladora carece de programas de producción y organización de ésta, por lo que a continuación se presenta una propuesta de un modelo matemático estadístico Simplex, el cual es una solución factible para la problemática que se presenta en la organización.

3.1 JUSTIFICACIÓN

La ausencia de programas de producción y organización, no permiten que la empresa pueda determinar la cantidad óptima de camisas polo a producir; por lo tanto, es necesario implementar un modelo matemático que permita obtener una combinación óptima con el cual se minimicen los costos de producción. El método Simplex es una herramienta matemática, utilizada para elaborar un programa óptimo de producción, que busca una mezcla o combinación de productos, para aprovechar de la mejor forma todos los recursos disponibles; así como cumplir con todos los requerimientos y condiciones dentro de la producción.

3.2 OBJETIVOS

Los objetivos que se pretenden alcanzar con la aplicación del modelo matemático Simplex se describen a continuación.

3.2.1 General

Desarrollar y aplicar el modelo matemático Simplex para conocer la combinación optima de productos y con esto optimizar los recursos con los que cuenta la empresa maquiladora.

3.2.2 Específicos

- Determinar la combinación optima de productos que permita minimizar los costos de producción.
- Proponer la implementación de control sobre los resultados obtenidos en el desarrollo del modelo matemático Simplex.
- Definir cada uno de los pasos para implementar el modelo matemático Simplex.

3.3 APLICACIÓN DEL MODELO

Con los datos obtenidos en la investigación de campo y expuestos en el capítulo II de este documento, se estructura el modelo matemático Simplex, el cual se presenta a continuación.

3.3.1 Identificación de objetivo

Objetivo: Minimizar Costos

3.3.2 Variables de decisión

Estas representan las opciones que tiene bajo control la persona encargada de tomar decisiones, también se dice que son incógnitas que deben calcularse al resolver el método, deben llevar signo \geq . Las variables son números reales mayores o iguales a cero $X_1 \geq 0$.

CAMISA TALLA L (X₁)

CAMISA TALLA M (X₂)

CAMISA TALLA S (X₃)

3.3.3 Restricciones

Representan los diferentes requisitos que debe cumplir cualquier solución para que pueda llevarse a cabo. En cierta manera, son las limitantes en los valores de los niveles de las diferentes actividades (variables).

- 1) Piqué
- 2) Cuello
- 3) Resorte
- 4) Hilo
- 5) Demanda mínima X₁
- 6) Demanda mínima X₂
- 7) Demanda mínima X₃

3.3.4 Planteamiento del problema

CONCEPTO Restricciones	POR CADA CAMISA			Disponibilidad	Unidad de medida	Signo
	Talla L	Talla M	Talla S			
	(X1)	(X2)	(X3)			
Piqué	1 3/4	1 1/2	1 1/4	2,450	YARDAS	≥
Cuello	1	1	1	1,600	UNIDADES	≥
Resorte	2	2	2	3,200	UNIDADES	≥
Hilo	1	1	1	1,600	UNIDADES	≥
Demanda mínima X ₁	1	0	0	600	UNIDADES	≥
Demanda mínima X ₂	0	1	0	360	UNIDADES	≥
Demanda mínima X ₃	0	0	1	480	UNIDADES	≥
COSTO	Q 88.75	Q 84.25	Q 79.75			

3.3.5 Definición de la función objetivo

Función Objetivo: Minimizar Z = 88.75 (X₁) + 84.25 (X₂) + 79.75 (X₃)

3.3.6 Definir las restricciones en forma de desigualdades o inecuaciones

Después de plantear el problema se deben establecer las restricciones en forma de desigualdad para darle solución al método simplex, se establece la relación entre dos expresiones que no son iguales, para lo cual se usa el signo “≥”. El signo ≥ (mayor o igual) para todas las desigualdades debe ser homogéneo, si hay una o varias desigualdades con el signo ≤ (menor o igual), multiplicar por -1, todos los elementos de la desigualdad, para cambiarle la forma al signo.

$$1) \quad 1 \frac{3}{4} (X_1) + 1 \frac{1}{2} (X_2) + 1 \frac{1}{4} (X_3) \geq 2,450$$

$$2) \quad (X_1) + (X_2) + (X_3) \geq 1,600$$

$$3) \quad 2 (X_1) + 2 (X_2) + 2 (X_3) \geq 3,200$$

$$4) \quad (X_1) + (X_2) + (X_3) \geq 1,600$$

$$5) \quad (X_1) \geq 600$$

$$6) \quad (X_2) \geq 360$$

$$7) \quad (X_3) \geq 480$$

$$8) \quad (X_1), (X_2) \text{ \& } (X_3) \geq 0$$


 No negatividad

3.3.7 Formar La matriz inicial

Formar la matriz inicial, utilizando los coeficientes y constantes de las desigualdades, además incluir los coeficientes de la función objetivo

1 3/4	1 1/2	1 1/4	2,450
1	1	1	1,600
2	2	2	3,200
1	1	1	1,600
1	0	0	600
0	1	0	360
0	0	1	480
88.75	84.25	79.75	0

3.3.8 Transpuesta de la matriz inicial

Los coeficientes de la matriz inicial se transponen de acuerdo con la posición que ocupan; las filas se convierten en columnas y las columnas se convierten en filas.

R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	Z
1 3/4	1	2	1	1	0	0	88.75
1 1/2	1	2	1	0	1	0	84.25
1 1/4	1	2	1	0	0	1	79.75
2,450	1,600	3,200	1,600	600	360	480	0

3.3.9 Construcción del primer tablero simplex

Construir el primer tablero simplex, con los valores de la matriz transpuesta, agregarle una matriz identidad, entre la penúltima y última columna de la matriz transpuesta.

- Cambiarle el signo a los elementos del último renglón.
- Determinar la columna pivote: Para identificar la columna pivote, se busca el menor valor o sea el valor más negativo de la última fila del tablero.
- Encontrar el elemento pivote: Para encontrar el elemento pivote se divide cada uno de los valores de la columna de constantes, entre los valores correspondientes a la columna pivote, no se pueden tomar en cuenta los valores negativos, ni ceros, el elemento pivote es el menor cociente positivo. Cuando hay dos resultados iguales, se puede tomar cualquiera de ellos.

	R₁	R₂	R₃	R₄	R₅	R₆	R₇	'	X₂	X₃	Z
	13/4	1	2	1	1	0	0	.	0	0	88.75
	11/2	1	2	1	0	1	0	0	1	0	84.25
	11/4	1	2	1	0	0	1	0	0	1	79.75
	-2,450	-1,600	-3,200	-1,600	-600	-360	-480	0	0	0	0

Columna Pivote

Elemento Pivote
$(88.75 \div 2) = 44.38$
$(84.25 \div 2) = 42.13$
$(79.75 \div 2) = 39.88$ *

(*) Menor cociente positivo

3.3.10 Segundo tablero simplex

- Convertir el elemento pivote en uno: Para ello se multiplica el inverso del elemento pivote por cada elemento de la fila correspondiente (fila del elemento pivote) y los resultados se colocan en la fila correspondiente del siguiente tablero, llamada fila pivote, y así se continúa con el resto de valores de la columna pivote.
- Convertir en cero los valores restantes de la columna pivote: Para realizar este proceso se multiplica el elemento a convertir en cero, con signo cambiado, por cada elemento de la fila pivote y a los resultados se le suma el elemento correspondiente de la fila en donde se ubica el elemento a convertir en cero, del tablero anterior.

R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	X ₁	X ₂	X ₃	Z
1/2	0	0	0	1	0	-1	1	0	-1	9
1/4	0	0	0	0	1	-1	0	1	-1	4 1/2
5/8	1/2	1	1/2	0	0	1/2	0	0	1/2	39 7/8
-450	0	0	0	-600	-360	1,120	0	0	1,600	127,600

Columna Pivote

Elemento Pivote

(9 ÷ 1) =	9 *
(4 1/2 ÷ 0) =	Cero
(39 7/8 ÷ 0) =	Cero

(*) Menor cociente positivo

Fila Pivote

3.3.11 Tercer tablero simplex

Repetir cada uno de los pasos anteriores como se describe en el inciso 3.3.10, hasta encontrar la solución óptima, la cual será identificada cuando los valores de la última fila del tablero todos sean ceros o positivos.

R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	X ₁	X ₂	X ₃	Z
1/2	0	0	0	1	0	-1	1	0	-1	9
1/4	0	0	0	0	1	-1	0	1	-1	4 1/2
5/8	1/2	1	1/2	0	0	1/2	0	0	1/2	39 7/8
-150	0	0	0	0	-360	520	600	0	1,000	133,000

Columna Pivote

Elemento Pivote

(9 ÷ 0) =	Cero
(4 1/2 ÷ 1) =	4.50 *
(39 7/8 ÷ 0) =	Cero

(*) Menor cociente positivo

Fila Pivote

3.3.12 Cuarto tablero simplex

	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	X ₁	X ₂	X ₃	Z	Elemento Pivote
	1/2	0	0	0	1	0	-1	1	0	-1	9	$(9 \div 1/2) = 18$ *
	1/4	0	0	0	0	1	-1	0	1	-1	4 1/2	$(4 \ 1/2 \div 1/4) = 18$
	5/8	1/2	1	1/2	0	0	1/2	0	0	1/2	39 7/8	$(39 \ 7/8 \div 5/8) = 63.80$
	-60	0	0	0	0	0	160	600	360	640	134,620	

Elemento Pivote (highlighted in green) points to the value 1/2 in the R₁ row.
 Columna Pivote (highlighted in blue) points to the column containing X₂.
 Fila Pivote (highlighted in blue) points to the R₁ row.
 (*) Menor cociente positivo

3.3.13 Quinto tablero simplex

- 48 Si todos los elementos del último renglón del tablero son positivos o ceros, éste da la solución óptima; de lo contrario repetir los pasos hasta lograr que todos los elementos cumplan con la condición.

R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	X_1	X_2	X_3	Z
1	0	0	0	2	0	-2	-2	0	-2	18
0	0	0	0	-1/2	1	-1/2	-1/2	1	-1/2	0
0	1/2	1	1/2	-1 1/4	0	1 3/4	-1 1/4	0	1 3/4	28 5/8
0	0	0	0	120	0	40	720	360	520	135,700
										60

(2) $\frac{1}{4}$ $\frac{5}{8}$ -0.25 -0.63

Fila Pivot

3.3.14 Combinación óptima

Luego de la aplicación del modelo simplex se llegó a la solución óptima; ésta es identificada cuando los valores del último reglón o fila son ceros o positivos, la cual se obtuvo en el quinto tablero simplex, en el que se determinó que la cantidad que se recomienda producir para minimizar los costos de producción es la siguiente:

CAMISA TALLA L	(X ₁)	=	720
CAMISA TALLA M	(X ₂)	=	360
CAMISA TALLA S	(X ₃)	=	520
	Z	=	Q 135,700.00

La programación de la producción presentada anteriormente permite a la empresa minimizar los costos de producción.

3.3.15 Comprobación de la función objetivo

A continuación, se presenta la comprobación de la función objetivo en la que se sustituyen los valores obtenidos para cada una de las variables en estudio, para determinar el costo mínimo de producción se multiplica el resultado obtenido a través del modelo simplex por cada costo de producción el cual se presenta a continuación.

$$\text{Función Objetivo: Minimizar } Z = 88.75 (X_1) + 84.25 (X_2) + 79.75 (X_3)$$

$$\text{FO MINZ} = 88.75 (720) + 84.25 (360) + 79.75 (520)$$

$$\text{FO MINZ} = 63,900 + 30,330 + 41,470$$

$$\text{FO MINZ} = 135,700$$

3.3.16 Comprobación de las restricciones

Para determinar que el modelo es factible deberá cumplir con las restricciones planteadas. La comprobación de las desigualdades o restricciones consiste en sustituir las variables de decisión por los valores de la solución óptima.

1	$\frac{3}{4} (X_1) + \frac{1}{2} (X_2) + \frac{1}{4} (X_3) \geq 2,450$				
	$\frac{3}{4} \cdot 720 + \frac{1}{2} \cdot 360 + \frac{1}{4} \cdot 520 \geq 2,450$				
	2,450		$\geq 2,450$	SI	CUMPLE
2	$(X_1) + (X_2) + (X_3) \geq 1,600$				
	$720 + 360 + 520 \geq 1,600$				
		1,600	$\geq 1,600$	SI	CUMPLE
3	$2 (X_1) + 2 (X_2) + 2 (X_3) \geq 3,200$				
	$2 \cdot 720 + 2 \cdot 360 + 2 \cdot 520 \geq 3,200$				
		3,200	$\geq 3,200$	SI	CUMPLE
4	$(X_1) + (X_2) + (X_3) \geq 1,600$				
	$720 + 360 + 520 \geq 1,600$				
		1,600	$\geq 1,600$	SI	CUMPLE
5	$(X_1) \geq 600$				
	$720 \geq 600$				
				SI	CUMPLE
6	$(X_2) \geq 360$				
	$360 \geq 360$				
				SI	CUMPLE
7			$(X_3) \geq 480$		
			$520 \geq 480$		
8	$(X_1) , (X_2) \ \& \ (X_3) \geq 0$				
	$720 \quad 360 \quad 520 \geq 0$				
				SI	CUMPLE

3.3.17 Respuesta final

Luego de desarrollar el modelo matemático Simplex, se comprobó la función objetivo y las restricciones planteadas, en la que se estableció una combinación óptima, la cual indica que se debe producir 720 unidades de la camisa polo talla L, 360 unidades de la talla M y 520 unidades de la talla S; con la que la empresa minimizará sus costos de producción.

3.4 EVALUACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO SIMPLEX

Basado en la información que la empresa proporcionó, el costo mensual de producción en el que incurre actualmente es de Q 128,700.00; desglosados de la siguiente manera:

Materia prima	Q 65,700.00
Mano de obra	Q 49,500.00
Costos indirectos	<u>Q 13,500.00</u>
	Q 128,700.00

El cuadro siguiente presenta la evaluación realizada para demostrar la validez y efectividad del modelo matemático Simplex. Luego de aplicar el modelo matemático se estableció que sus costos mensuales ascienden a Q 135,700.00; sin embargo porcentualmente se incrementa la eficiencia en la producción en un 11.11%, logrando producir más unidades de camisas con un leve incremento en el costo de producción, con lo cual se estima elaborar 160 camisas más de diferencia a la producción actual, haciendo uso mínimo de los recursos. Por lo tanto, se puede indicar que el modelo es efectivo para la empresa.

CAMISAS	SIN APLICAR EL MÉTODO SIMPLEX	APLICANDO EL MÉTODO SIMPLEX
	<p>COSTO TOTAL PRODUCCIÓN MENSUAL</p> <p>Q128,700.00</p>	<p>COSTO TOTAL PRODUCCIÓN MENSUAL</p> <p>Q135,700.00</p>
Talla L	600	720
Talla M	360	360
Talla S	480	520
	1,440	1,600

DIFERENCIA	160
-------------------	------------

COSTO PROMEDIO DE LAS CAMISAS	
<p>SIN APLICAR EL MÉTODO SIMPLEX</p> <p>Q89.38</p>	<p>APLICANDO EL MÉTODO SIMPLEX</p> <p>Q84.81</p>

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la empresa y resultados obtenidos a través de la aplicación del modelo matemático Simplex.

CONCLUSIONES

1. Con base al diagnóstico realizado en la investigación de campo, se determinó que la empresa objeto de estudio carece de lineamientos para determinar y controlar la producción de camisas polo en sus diferentes tallas, no aplica modelos matemáticos estadísticos que permita una combinación óptima de materias primas para aprovechar los recursos, provocando así alza en los costos, baja productividad y como consecuencia una pérdida significativa de utilidades.
2. Al aplicar el modelo matemático determinístico Simplex, se logra minimizar los costos debido a que permite considerar las cantidades adecuadas de producción de cada una de las tallas, comprobándose de esta manera la hipótesis planteada. Se determinó que el modelo matemático facilita la programación de la producción. Por lo que con la implementación del modelo se podrán optimizar los recursos de la empresa y minimizar los costos en los que se incurre.
3. Actualmente la empresa genera costos mensuales de Q.128,700.00, luego de aplicar el modelo Simplex se estableció que los costos ascienden a Q.135,700.00. No obstante, la empresa podrá incrementar su producción a 1,600 camisas tipo polo, es decir, 160 camisas adicionales a las que actualmente fabrica, con el beneficio de que el incremento en el costo de producción únicamente se elevará Q. 7,600. Porcentualmente se incrementa la eficiencia de la producción en un 11.11%, manteniendo costos similares.

RECOMENDACIONES

1. Para mantener el control en la producción de las camisas polo en sus diferentes tallas, es necesario crear una unidad encargada de determinar las cantidades óptimas que se requerirán, para evitar los costos innecesarios, baja productividad y con esto crear mejoras dentro de la empresa.
2. Mantener el control de las cantidades a producir a través de la aplicación del modelo matemático Simplex y con esto contribuir a la optimización de los recursos, así también, a la minimización de los costos de producción en los que incurre la empresa.
3. Utilizar métodos de análisis matemáticos para mejorar los procesos de producción y la toma de decisiones, de esta manera reducir la incertidumbre que se tenga sobre la totalidad de productos a elaborar.

REFERENCIAS

Textos físicos

Chiavenato, I. (2018). Administración De Recursos Humanos.9na Edición. México Editorial McGraw Hill.

García, M. Sabater, F. Et al. (2012). Modelos y métodos de Investigación de Operaciones. Procedimientos para pensar. Documento de trabajo. España.

Hellriegel, G. (2004). Importancia de las decisiones. 8vo suplemento. Colombia. Interamericana.

Heizer, J. & Render B. (2009). Principios de administración de operaciones. 9na Edición. México. Editorial Pearson.

Hillier Frederick S. & Gerald J. Lieberman (2010). Introducción a la investigación de Operaciones. 4ta Edición. México. Editorial McGraw Hill.

López, I. (2014). La toma de decisiones en el mundo moderno. México Distrito federal.

Mathur, K. y Solow D. (2005). Investigación de operaciones. México. Editorial Prentice Hall.

Monks, J. (2009). Administración de operaciones. 10ma Edición. México. Editorial McGraw Hill, Interamericana.

OCSE MIPYME Guatemala. Ministerio de Economía. Gobierno de la República de Guatemala. Sistema Nacional de Información MIPYME Guatemala año base 2015.

Taha, H. (2009). Investigación de operaciones. 7ma Edición, México. Editorial Pearson Educación.

Taha, H. (2010). Investigación de operaciones. 8va Edición, México. Editorial Pearson Educación.

Thierauf & Grosse (2008). "Toma de decisiones por medio de investigación de operaciones", México

ANEXOS

ANEXO 1

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE EL PROGRESO
LICENCIATURA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

Entrevista no estructurada

Introducción: la presente entrevista se realizará con el objetivo de conocer la producción, determinar cantidades, precios de materia prima y establecer los costos en los que incurre la empresa.

Fecha: _____ Puesto que desempeña: _____

Años de trabajar en la empresa: _____

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

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

3. ¿De cuántos colaboradores dispone la empresa?

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

5. ¿cuáles son los productos de mayor demanda?

6. ¿cuáles son los costos del producto de mayor demanda?

7. ¿Cuál es el margen de utilidad para los productos de más demanda?

8. ¿Cuáles son los recursos para la producción?

9. ¿Quiénes son sus principales proveedores?

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

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

12. ¿Cuál es la demanda promedio mensual?

13. ¿Cuáles son los costos de producción mensuales que tiene actualmente?

14. ¿Cuáles son los costos de: ¿materia prima, mano de obra y costos indirectos?

15. ¿Qué cantidad de materiales posee en inventario?

16. ¿Cuál es el precio de los materiales que utiliza para la producción de sus productos?

ANEXO 2

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE EL PROGRESO
LICENCIATURA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

Cuestionario

Dirigido al personal de la empresa

Instrucciones: a continuación, se presentan una serie de preguntas las cuales debe completar con la mayor objetividad posible, el propósito de las mismas servirá de base para la elaboración de tesis de grado.

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

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

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

4. ¿Puede indicar cuál es el proceso que se sigue para la confección de los productos?

5. ¿Cuáles son los inconvenientes que se le han presentado en el proceso actual de producción?

6. ¿Qué aspectos considera que se pueden mejorar para la confección de los productos?

ANEXO 3

UTILIZACIÓN DE LA HERRAMIENTA SOLVER PARA DARLE SOLUCIÓN AL PROBLEMA SIMPLEX

Solver es una herramienta utilizada para dar solución a los problemas de programación lineal, esta se encuentra instalada en Microsoft Excel, a continuación, se presentan los pasos para dar solución a un problema de PL a través de esta función.

Paso 1: identificar las variables a utilizar en el método simplex y realizar el planteamiento correspondiente, expresado de la siguiente forma en una hoja de cálculo.

	X ₁	X ₂	X ₃	COSTO MÍNIMO
F.O. Minimizar Z	Q 88.75	Q 84.25	Q 79.75	
UNIDADES A PRODUCIR				Q .

Paso 2: seguidamente realizar el planteamiento del problema, en el cual se definen las restricciones, disponibilidad y el signo correspondiente al caso.

Restricciones	(X1)	(X2)	(X3)	Utilizado	Disponibilidad	Holgura
Piqué	1 3/4	1 1/2	1 1/4	2450	2,450	0
cuello	1	1	1	1600	1,600	0
resorte	2	2	2	3200	3,200	0
Hilo	1	1	1	1600	1,600	0
Demanda minima X ₁	1	0	0	720	600	-120
Demanda minima X ₂	0	1	0	360	360	0
Demanda minima X ₃	0	0	1	520	480	-40
	88.75	84.25	79.75			

Paso 3: se procede a la aplicación de la herramienta solver de la siguiente manera:

3.1. Formular la función objetivo.

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the Solver tool open. The formula bar displays the objective function: $=C109*C110+D109*D110+E109*E110$. The spreadsheet below shows the following data:

	X ₁	X ₂	X ₃	COSTO MÍNIMO
F.O. Minimizar Z	Q 88.75	Q 84.25	Q 79.75	
UNIDADES A PRODUCIR			$=C109*C110+D109*D110+E109*E110$	

3.2. Formular las restricciones

Microsoft Excel interface showing a linear programming problem setup. The formula bar displays the objective function: $=D114*SCS110+E114*SDS110+F114*SE110$.

	X ₁	X ₂	X ₃	COSTO MÍNIMO
F.O. Minimizar Z	Q 88.75	Q 84.25	Q 79.75	
UNIDADES A PRODUCIR				Q -

Restricciones	(X1)	(X2)	(X3)	Utilizado	Disponibilidad	Holgura
Piqué	1 3/4	1 1/2	1 1/4	=D114*SCS110+E114*SDS110+F114*SE110		
cuello	1	1	1	0	1,600	1,600
resorte	2	2	2	0	3,200	3,200
Hilo	1	1	1	0	1,600	1,600
Demanda mínima X ₁	1	0	0	0	600	600
Demanda mínima X ₂	0	1	0	0	360	360
Demanda mínima X ₃	0	0	1	0	480	480
	88.75	84.25	79.75			

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA Mildred

Pegar Fuente Alineación Número Estilos Celdas Modificar

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Modificar

SUMA : $=D115*SC\$110+E115*SD\$110+F115*SE\$110$

	X ₁	X ₂	X ₃	COSTO MÍNIMO
F.O. Minimizar Z	Q 88.75	Q 84.25	Q 79.75	
UNIDADES A PRODUCIR				Q -

Restricciones	(X1)	(X2)	(X3)	Utilizado	Disponibilidad	Holgura
Piqué	1 3/4	1 1/2	1 1/4	0	2,450	2,450
cuello	1	1	1	$=D115*SC\$110+E115*SD\$110+F115*SE\$110$		
resorte	2	2	2	0	3,200	3,200
Hilo	1	1	1	0	1,600	1,600
Demanda mínima X ₁	1	0	0	0	600	600
Demanda mínima X ₂	0	1	0	0	360	360
Demanda mínima X ₃	0	0	1	0	480	480
	88.75	84.25	79.75			

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA Mildred

Pegar Fuente Alineación Número Estilos Celdas Modificar

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Modificar

SUMA : $=D116*SC\$110+E116*SD\$110+F116*SE\$110$

	X ₁	X ₂	X ₃	COSTO MÍNIMO
F.O. Minimizar Z	Q 88.75	Q 84.25	Q 79.75	
UNIDADES A PRODUCIR				Q -

Restricciones	(X1)	(X2)	(X3)	Utilizado	Disponibilidad	Holgura
Piqué	1 3/4	1 1/2	1 1/4	0	2,450	2,450
cuello	1	1	1	0	1,600	1,600
resorte	2	2	2	$=D116*SC\$110+E116*SD\$110+F116*SE\$110$		
Hilo	1	1	1	0	1,600	1,600
Demanda mínima X ₁	1	0	0	0	600	600
Demanda mínima X ₂	0	1	0	0	360	360
Demanda mínima X ₃	0	0	1	0	480	480
	88.75	84.25	79.75			

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA Mildred

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas

SUMA : $=D117*SCS110+E117*SDS110+F117*SE\110

	X ₁	X ₂	X ₃	COSTO MÍNIMO
F.O. Minimizar Z	Q 88.75	Q 84.25	Q 79.75	
UNIDADES A PRODUCIR				Q -

Restricciones	(X1)	(X2)	(X3)	Utilizado	Disponibilidad	Holgura
Piqué	1 3/4	1 1/2	1 1/4	0	2,450	2,450
cuello	1	1	1	0	1,600	1,600
resorte	2	2	2	0	3,200	3,200
Hilo	1	1	1	$=D117*SCS110+E117*SDS110+F117*SE\110		
Demanda mínima X ₁	1	0	0	0	600	600
Demanda mínima X ₂	0	1	0	0	360	360
Demanda mínima X ₃	0	0	1	0	480	480
	88.75	84.25	79.75			

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA Mildred

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas

SUMA : $=D118*SCS110+E118*SDS110+F118*SE\110

	X ₁	X ₂	X ₃	COSTO MÍNIMO
F.O. Minimizar Z	Q 88.75	Q 84.25	Q 79.75	
UNIDADES A PRODUCIR				Q -

Restricciones	(X1)	(X2)	(X3)	Utilizado	Disponibilidad	Holgura
Piqué	1 3/4	1 1/2	1 1/4	0	2,450	2,450
cuello	1	1	1	0	1,600	1,600
resorte	2	2	2	0	3,200	3,200
Hilo	1	1	1	0	1,600	1,600
Demanda mínima X ₁	1	0	0	$=D118*SCS110+E118*SDS110+F118*SE\110		
Demanda mínima X ₂	0	1	0	0	360	360
Demanda mínima X ₃	0	0	1	0	480	480
	88.75	84.25	79.75			

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA Mildred H

Portapapeles Pegar Fuente Alineación Número Estilos Celdas Modificar

FORMULAS: $=D119*SCS110+E119*SDS110+F119*SES110$

	X ₁	X ₂	X ₃	COSTO MÍNIMO
F.O. Minimizar Z	Q 88.75	Q 84.25	Q 79.75	
UNIDADES A PRODUCIR				Q -

Restricciones	(X1)	(X2)	(X3)	Utilizado	Disponibilidad	Holgura
Piqué	1 3/4	1 1/2	1 1/4	0	2,450	2,450
cuello	1	1	1	0	1,600	1,600
resorte	2	2	2	0	3,200	3,200
Hilo	1	1	1	0	1,600	1,600
Demanda mínima X ₁	1	0	0	0	600	600
Demanda mínima X ₂	0	1	0	$=D119*SCS110+E119*SDS110+F119*SES110$	480	480
Demanda mínima X ₃	0	0	1	0	480	480
	88.75	84.25	79.75			

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA Mildred H

Portapapeles Pegar Fuente Alineación Número Estilos Celdas Modificar

FORMULAS: $=D120*SCS110+E120*SDS110+F120*SES110$

	X ₁	X ₂	X ₃	COSTO MÍNIMO
F.O. Minimizar Z	Q 88.75	Q 84.25	Q 79.75	
UNIDADES A PRODUCIR				Q -

Restricciones	(X1)	(X2)	(X3)	Utilizado	Disponibilidad	Holgura
Piqué	1 3/4	1 1/2	1 1/4	0	2,450	2,450
cuello	1	1	1	0	1,600	1,600
resorte	2	2	2	0	3,200	3,200
Hilo	1	1	1	0	1,600	1,600
Demanda mínima X ₁	1	0	0	0	600	600
Demanda mínima X ₂	0	1	0	0	360	360
Demanda mínima X ₃	0	0	1	$=D120*SCS110+E120*SDS110+F120*SES110$		
	88.75	84.25	79.75			

3.3. Formular las holguras

De la misma manera que las restricciones se deben formular las holguras una a una, hasta completar las siete restricciones planteadas en el problema.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	X_1	X_2	X_3	COSTO MÍNIMO
F.O. Minimizar Z	Q 88.75	Q 84.25	Q 79.75	
UNIDADES A PRODUCIR				Q -

Restricciones	(X1)	(X2)	(X3)	Utilizado	Disponibilidad	Holgura
Piqué	1 3/4	1 1/2	1 1/4	0	2,450	=H114-G114
cuello	1	1	1	0	1,600	1,600
resorte	2	2	2	0	3,200	3,200
Hilo	1	1	1	0	1,600	1,600
Demanda mínima X_1	1	0	0	0	600	600
Demanda mínima X_2	0	1	0	0	360	360
Demanda mínima X_3	0	0	1	0	480	480
	88.75	84.25	79.75			

The formula bar shows the formula for cell G114: `=H114-G114`.

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA Mildred

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Autosuma Rellenar Borrar Ordenar y filtrar y seleccionar Modificar

SUMA : X ✓ fx =H115-G115

	X ₁	X ₂	X ₃	COSTO MÍNIMO
F.O. Minimizar Z	Q 88.75	Q 84.25	Q 79.75	
UNIDADES A PRODUCIR				Q -

Restricciones	(X1)	(X2)	(X3)	Utilizado	Disponibilidad	Holgura
Piqué	1 3/4	1 1/2	1 1/4	0	2,450	2,450
cuello	1	1	1	0	1,600	=H115-G115
resorte	2	2	2	0	3,200	3,200
Hilo	1	1	1	0	1,600	1,600
Demanda mínima X ₁	1	0	0	0	600	600
Demanda mínima X ₂	0	1	0	0	360	360
Demanda mínima X ₃	0	0	1	0	480	480
	88.75	84.25	79.75			

Luego de formular la función objetivo, las restricciones y holguras se procede a ingresar los datos en el solver de la siguiente manera:

1. Seleccionar el objetivo de la función, para el problema planteado es una minimización. ya que lo que se busca es la minimización de los costos.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a linear programming problem setup and the Solver Parameters dialog box open.

Excel Spreadsheet Data:

	X ₁	X ₂	X ₃	COSTO MÍNIMO
F.O. Minimizar Z	Q 88.75	Q 84.25	Q 79.75	
UNIDADES A PRODUCIR				Q -

Restricciones	(X1)	(X2)	(X3)	Utiliz
Piqué	1 3/4	1 1/2	1 1/4	
cuello	1	1	1	
resorte	2	2	2	
Hilo	1	1	1	
Demanda mínima X ₁	1	0	0	
Demanda mínima X ₂	0	1	0	
Demanda mínima X ₃	0	0	1	
	88.75	84.25	79.75	

Solver Parameters Dialog Box:

- Establecer objetivo: \$F\$110
- Para: Máx Min Valor de: 0
- Cambiando las celdas de variables: \$C\$110:\$E\$110
- Sujeto a las restricciones: \$G\$114:\$G\$120 >= \$H\$114:\$H\$120
- Convertir variables sin restricciones en no negativas
- Método de resolución: Simplex LP
- Método de resolución: Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.
- Buttons: Ayuda, Resolver, Cerrar

2. Cambiando las variables

The image shows a Microsoft Excel spreadsheet with a linear programming problem setup and the Solver Parameters dialog box open.

Spreadsheet Data:

	X ₁	X ₂	X ₃	COSTO MÍNIMO
F.O. Minimizar Z	Q 88.75	Q 84.25	Q 79.75	
UNIDADES A PRODUCIR				Q -

Restricciones	(X1)	(X2)	(X3)	Utiliz
Piqué	1 3/4	1 1/2	1 1/4	
cuello	1	1	1	
resorte	2	2	2	
Hilo	1	1	1	
Demanda mínima X ₁	1	0	0	
Demanda mínima X ₂	0	1	0	
Demanda mínima X ₃	0	0	1	
	88.75	84.25	79.75	

Solver Parameters Dialog Box:

- Establecer objetivo: SFS110
- Para: Máx Min Valor de: 0
- Cambiando las celdas de variables: SCS110:SE5110
- Sujeto a las restricciones: (Empty list)
- Convertir variables sin restricciones en no negativas
- Método de resolución: Simplex LP
- Método de resolución: Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.
- Buttons: Ayuda, Resolver, Cerrar

3. Sujeto a las restricciones

The image shows a Microsoft Excel spreadsheet with a linear programming problem and the Solver Parameters dialog box open.

Excel Spreadsheet Data:

	X ₁	X ₂	X ₃	COSTO MÍNIMO
F.O. Minimizar Z	Q 88.75	Q 84.25	Q 79.75	
UNIDADES A PRODUCIR	720	360	520	Q 135,700.00

Restricciones	(X1)	(X2)	(X3)	Utiliz
Piqué	1 3/4	1 1/2	1 1/4	245
cuello	1	1	1	160
resorte	2	2	2	320
Hilo	1	1	1	160
Demanda mínima X ₁	1	0	0	72
Demanda mínima X ₂	0	1	0	36
Demanda mínima X ₃	0	0	1	52
	88.75	84.25	79.75	

Solver Parameters Dialog Box:

- Establecer objetivo: \$F\$110
- Para: Máx Min Valor de: 0
- Cambiando las celdas de variables: \$C\$110:\$E\$110
- Sujeto a las restricciones: \$G\$114:\$G\$120 >= \$H\$114:\$H\$120
- Convertir variables sin restricciones en no negativas
- Método de resolución: Simplex LP
- Método de resolución: Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.
- Buttons: Ayuda, Resolver, Cerrar

4. Resolver

Luego de haber ingresado los datos a la herramienta solver, se procede a seleccionar la opción resolver en el cual mostrara una ventana emergente que indicara si se encontró la solución óptima del caso. Seguidamente se selecciona el botón aceptar para obtener las cantidades optimas a producir.

	X ₁	X ₂	X ₃	ad	Holgura
F.O. Minimizar Z	88.75	84.25	79.75		0
UNIDADES A PRODUCIR	720				0
Piqué					0
cuello					0
resorte					0
Hilo					0
Demanda mínima X ₁					-120
Demanda mínima X ₂					0
Demanda mínima X ₃					-40

5. Cantidades optimas a producir para cumplir con el objetivo de minimizar los costos.

	X_1	X_2	X_3	COSTO MÍNIMO
F.O. Minimizar Z	Q 88.75	Q 84.25	Q 79.75	
UNIDADES A PRODUCIR	720	360	520	Q 135,700.00

Por lo tanto, se estableció que para que la empresa pueda minimizar los costos de producción debe producir 720 camisas L, 360 camisas M, 520 camisas S.