



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN DE COSTOS
DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS
TEXTILES**

Autor:
Miguel Gallo

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE COMPUTACIÓN
CARRERA INGENIERÍA DE COMPUTACIÓN

SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS TEXTILES

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
INGENIERO DE COMPUTACIÓN

Autor:
Miguel Gallo
C.I. 26.116.266
Tutor: José Márquez

San Diego, octubre de 2019



FI-C -006-2019-2CR (TG)

Valencia, 19 de Julio de 2019

Ciudadanos:
Miguel Gallo
C.I: 26.116.266
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 01-2019 de fecha 19-07-2019 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS TEXTILES** Presentado por usted como requisitos para optar al título de Ingeniero en Computación.

Se ratifica la designación del Ing. José Marquez C.I:10.480.434 y la Ing. Alicia De Pizzela C.I: 4.598.880 como Tutores Académicos y Metodológicos que los asesoraran en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,



Prof. Luis Lira
Decano de la Facultad de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

L/le



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE COMPUTACIÓN
CARRERA INGENIERÍA DE COMPUTACIÓN

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ing. José Márquez, portador de la cédula de identidad N° 10.480.434 en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Miguel Gallo, portador de la cédula de identidad N° 26.116.266, titulado **SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS TEXTILES**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero de Computación, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los dos días del mes de octubre del año dos mil diecinueve.

Ing. José Márquez
C.I.: 10.480.434

DEDICATORIA

A mis abuelos Fabio y Edna, que fueron muy especiales conmigo y que hoy en día permanecen en mi vida de forma espiritual, protegiéndome y acompañándome en todos mis pasos para ayudarme a conseguir este logro.

A mis queridos sobrinos Luis Alfonso y Valentina Alejandra, a quienes adoro y extraño muchísimo, y espero que cuando crezcan, cumplan con todas sus metas en la vida.

A todos los miembros de mi familia y aquellas personas que siempre estuvieron pendientes de mis logros.

A todos mis compañeros de la promoción 21 del instituto donde obtuve mi título de bachiller: Unidad Educativa Instituto San Valentín, con quienes crecí como persona y aprendí mucho de ellos.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre Fabiola por apoyarme y guiarme siempre por el buen camino; gracias a ella soy quien soy y le debo todo lo bueno.

A mi padre Luis Miguel por servirme de inspiración a estudiar esta carrera y por impartirme sus vastos conocimientos en todo.

A la Dra. Adele Mobili, quien para mí ha sido una pieza fundamental por todos los consejos que me brindó para poder salir adelante y superar todas las adversidades.

A mis hermanas Lorena y Patricia, quienes, a pesar de la distancia, me apoyaron en todo momento y estuvieron pendientes de mí.

Al Sr. Carlos Ledo, gerente de la empresa Manufacturas Maker C.A., por proponer la temática y por todo su apoyo y colaboración para llevar a cabo la construcción de este proyecto.

A la Dra. Belkys Araujo, madrina de nuestra promoción 41, una de las mejores docentes que tuve en la recta final de mi carrera, quien ayudó y aportó muchos detalles para la correcta realización de este trabajo.

Al Ing. José Márquez, mi tutor, por todos los conocimientos impartidos hacia mi persona, los cuales me motivaron y sirvieron de gran ayuda para la finalización del presente proyecto.

A todos los profesores de todas mis etapas académicas: preescolar, primaria, bachillerato y universidad; cada uno de ellos aportó en mi educación y mi crecimiento como persona, así como haberme motivado a seguir aprendiendo.

A mis compañeros de la promoción 41 de Ingeniería de Computación: Anthony, Luis Rogelio, Miguel, Valeria, Víctor, Edgar, Jesús, Adquinson, Rafael, David, Chen, Kasen, Simón y Zuljany, quienes fueron personas muy importantes para mí durante todo el transcurso de mi carrera, debido a todas las cosas que aprendí de ellos y todos los momentos que vivimos juntos; sin ellos mi carrera hubiese sido muy diferente, y les estaré eternamente agradecido por haber estado conmigo en esta etapa académica tan importante en mi vida.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
RESUMEN INFORMATIVO	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA.....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Formulación del problema	4
1.3. Objetivos de la investigación	5
1.3.1. Objetivo General	5
1.3.2. Objetivos Específicos	5
1.4. Justificación de la investigación.....	5
1.5. Alcance	5
II MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes	7
2.2. Bases teóricas	9
2.2.1. Manufactura de textiles	9
2.2.2. Investigación de operaciones.....	9
2.2.3. Modelo matemático.....	10
2.2.4. Programación lineal.....	11
2.2.5. Programación Orientada a Objetos	14
2.2.6. Python	15
2.2.7. SQLite	17
2.3. Definición de términos básicos.....	18
III MARCO METODOLÓGICO.....	19
3.1. Tipo de investigación	19
3.2. Nivel de la investigación	19
3.4. Población y muestra.....	20

3.4.1. Población.....	20
3.4.2. Muestra	20
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	21
3.6. Fases metodológicas	21
IV RESULTADOS	23
4.1. Fase I: Diagnóstico	23
4.1.1. Resultados de la entrevista no estructurada.....	23
4.1.2. Análisis de las hojas de cálculo de costos	24
4.1.3. Definición de requerimientos funcionales y no funcionales	25
4.2. Fase II: Diseño	25
4.2.1. Diagramas de caso de uso	25
4.2.2. Diagrama de clases.....	27
4.2.3. Diagrama de actividades	28
4.2.4. Diagrama de estados	29
4.2.5. Diagrama entidad-relación.....	30
4.2.6. Modelo de optimización.....	30
4.3. Fase III: Construcción	31
4.3.1. Definición de herramientas computacionales.....	31
4.3.2. Funcionamiento del sistema	32
4.3.3. Ejecución del plan de pruebas	40
CONCLUSIONES.....	42
RECOMENDACIONES.....	43
REFERENCIAS	44

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	pp.
Figura 1 – Diagrama de caso de uso del usuario administrador	26
Figura 2 – Diagrama de caso de uso del usuario regular	27
Figura 3 – Diagrama de clases	28
Figura 4 – Diagrama de actividades	29
Figura 5 – Diagrama de estados.....	29
Figura 6 – Diagrama entidad-relación	¡Error! Marcador no definido.
Figura 7 – Inicio de sesión	32
Figura 8 – Opciones de inventario.....	33
Figura 9 – Opciones de producción	33
Figura 10 – Opciones de configuración.....	34
Figura 11 – Gestión de almacenes	34
Figura 12 – Existencias de productos en almacén seleccionado	35
Figura 13 – Gestión de materia prima	35
Figura 14 – Gestión de productos	36
Figura 15 – Gestión de formulación de producto seleccionado	36
Figura 16 – Gestión de operaciones de inventario	37
Figura 17 – Planificación de la producción	37
Figura 18 – Generar nueva orden de producción	38
Figura 19 – Confirmar generación de orden de producción.....	38
Figura 20 – Gestión de órdenes de producción generadas	39
Figura 21 – Cerrar orden de producción.....	39
Figura 22 – Generación de reportes	39

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	pp.
Tabla 1 – Caso de prueba N°1.....	40
Tabla 2 – Caso de prueba N°2.....	40
Tabla 3 – Caso de prueba N°3.....	41

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE COMPUTACIÓN
CARRERA INGENIERÍA DE COMPUTACIÓN

SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS TEXTILES

Autor: Miguel Gallo
Tutor: José Márquez
Fecha: octubre de 2019

RESUMEN INFORMATIVO

La empresa manufacturera Manufacturas Maker C.A. necesita realizar una variedad de cálculos de costos de materia prima y mano de obra para la fabricación de órdenes de productos textiles, de manera de que el costo total sea mínimo y la ganancia para la empresa sea máxima. En la investigación se diseñará un sistema que optimice dichos costos de fabricación mediante la elaboración de un modelo matemático basándose en la investigación de operaciones y los métodos de programación lineal, el cual realizará todos los cálculos necesarios para la maximización de las ganancias y el apoyo a la toma de decisiones de la empresa. Para el diseño del sistema se requerirá un diagnóstico del proceso de cálculo de costos de fabricación de la empresa Manufacturas Maker C.A. a través de una entrevista no estructurada al gerente de dicha empresa y una observación directa. La construcción del sistema se apoyará en la metodología de desarrollo XP, para garantizar la satisfacción de las necesidades de la empresa.

Descriptores: textiles, costos, optimización, modelo matemático, investigación de operaciones, toma de decisiones.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, en cualquier empresa resulta indispensable el manejo adecuado de sus recursos para asegurar una ganancia máxima que la ayude a sustentarse con el paso del tiempo. En el caso de las empresas manufactureras de textiles, es de vital importancia la gestión de los costos de materia prima y mano de obra para la fabricación de sus productos y así producir la ganancia máxima. Para la correcta gestión de costos, se deben realizar una serie de cálculos matemáticos para elaborar las cotizaciones que se les entregan a los clientes, los cuales involucran costos monetarios de telas e hilos que proporcionan distintos proveedores y la estandarización de requerimientos de materia prima para el variado portafolio de productos.

Basándose en la situación previamente explicada, el presente proyecto de investigación plantea la problemática de la empresa Manufacturas Maker C.A., con respecto a los altos costos de materia prima y mano de obra para la fabricación de productos textiles, así como la variación de los mismos y también la gran variedad de productos que puede contener una orden de un cliente, lo cual supone un procedimiento que puede llevar a un alto consumo de tiempo y otros recursos. Por lo tanto, se plantea como solución a la problemática el diseño de un sistema de optimización de costos apoyado en un modelo matemático que automatice los cálculos necesarios para la elaboración de las órdenes de producción de la empresa y así maximizar sus ganancias y apoyar a la toma de decisiones.

El enfoque del proyecto de investigación se divide en cuatro (4) capítulos, los cuales describen lo siguiente:

Capítulo I: en este capítulo se describe en profundidad la problemática a solucionar en el proyecto, los objetivos a cumplir y el alcance y justificación del mismo.

Capítulo II: aquí se resumen todos los conceptos y teorías que se utilizan para la realización del proyecto de investigación, así como la descripción de antecedentes correlacionados y la definición de términos básicos para la

comprensión del lector.

Capítulo III: describe el marco metodológico de la investigación, el cual consiste en describir el tipo, nivel y diseño de la misma, así como también la definición de las fases y los instrumentos de recolección de datos para el cumplimiento de los objetivos.

Capítulo IV: este capítulo describe los resultados de las fases previamente definidas en el proyecto, así como también el diseño y la construcción del sistema.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La vestimenta es entendida como una de las creaciones más útiles por parte del ser humano, la cual cumple determinadas funciones como la protección del cuerpo, transmisión de tradiciones, preferencias o modas y la generación de impresiones por parte de los demás individuos. Dichas funciones generan altas necesidades de productos textiles, los cuales poseen una estructura basada en fibras, y la satisfacción de esta necesidad viene dada por la industria manufacturera, que es aquella encargada de la transformación de materia prima en productos finales a través de diversas máquinas y herramientas.

Esta industria es de suma importancia en la actualidad debido a los consumos masivos de sus bienes por parte del ser humano y, adicionalmente, conformar el sector económico que actúa como intermediario entre los materiales y el producto final, el cual es conocido como sector secundario. La fabricación de los productos por parte de la industria posee una serie de requerimientos estandarizados de materia prima y mano de obra, los cuales generan un costo significativo a cualquier empresa.

La materia prima constituye los recursos que se requieren para conformar un producto específico, cuya extracción constituye el sector primario de la economía y se clasifica en materia prima directa (elementos principales) y materia prima indirecta (elementos secundarios que soportan a los principales). Entre las distintas materias primas que se pueden requerir para la elaboración un producto de esta clase, se encuentran las fibras textiles naturales (las cuales se clasifican en las de origen animal como la lana o la seda y las de origen vegetal como el algodón o el lino) y los hilos que, a través de la mano de obra, conforman los tejidos necesarios para la fabricación de los productos finales, entre los cuales destacan camisas, pantalones, abrigos, blusas, faldas, entre otros.

La mano de obra es el procedimiento que se lleva a cabo en el sector secundario para transformar los recursos en bienes de consumo, mediante la aplicación de distintas técnicas por parte del ser humano, y constituye el elemento principal en la industria manufacturera. Dicho procedimiento genera también costos de vital importancia para la empresa, ya que se adicionan al costo de la materia prima y afectan directamente al ingreso bruto de la empresa.

Manufacturas Maker C.A., ubicada en el municipio San Diego, Estado Carabobo, Venezuela, es una empresa manufacturera que se dedica a producir órdenes masivas de prendas para uniformes. Esta empresa posee distintos proveedores que le proporcionan la materia prima requerida para elaborar sus respectivos productos, los cuales le producen costos monetarios fundamentales. Dicha empresa, en la actualidad, debe realizar una serie de cálculos matemáticos y gestiones de contabilidad para enfrentar todos los costos de materia prima y mano de obra involucrados en la producción, así como también el control del inventario, que constituye una tarea indispensable para la cómoda y correcta gestión de las órdenes de producción, todo esto con el objetivo de maximizar en lo posible sus ganancias. Estas tareas se ven perjudicadas por los altos costos y sus variaciones, así como también las distintas variedades de productos que puede contener una orden, generando así un consumo de tiempo mayor a lo esperado para responder a las cotizaciones que realiza la empresa previamente al proceso de elaboración.

Una solución a las necesidades de la empresa de maximizar ganancias y minimizar el tiempo y otros recursos es implementar un sistema de optimización que realice los cálculos matemáticos de los costos involucrados en materia prima y mano de obra, gestione el inventario para la elaboración de órdenes de producción y genere varios tipos de reportes de producción que proporcionarán a la empresa información relevante que ayude e impulse una correcta toma de decisiones.

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera se optimiza el consumo de materia prima y mano de obra en la fabricación de productos textiles?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

Desarrollar un sistema para la optimización de los costos de producción mediante un modelo matemático que apoye a la toma de decisiones de la empresa Manufacturas Maker C.A.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar el proceso de cálculo de costos mediante técnicas de recolección de datos para la identificación de los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema.
- Diseñar el sistema de optimización de costos usando el modelo matemático más apropiado sustentado con la metodología de desarrollo XP.
- Construir el sistema de optimización mediante el uso de herramientas computacionales.

1.4. Justificación de la investigación

La presente investigación se fundamenta en beneficiar a la empresa Manufacturas Maker C.A. en materia de minimización de costos y mejorar el acierto y la realidad de sus órdenes de producción. Al optimizar los procedimientos de las empresas, se mejora su rentabilidad y estabilidad, lo cual trae beneficios a la nación, ya que podrá contar con empresas de alto rendimiento y grandes cantidades de productos de buena calidad. El trabajo de investigación también impulsa a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería a implementar modelos matemáticos en sus cálculos para optimizar cualquier tipo de sistema. De esta manera, la Universidad José Antonio Páez produce más trabajos aplicables y recibe más reconocimiento.

1.5. Alcance

El alcance de este trabajo de investigación constituye tanto a la empresa Manufacturas Maker C.A. como a cualquier empresa manufacturera de productos textiles y otros tipos de productos. También se incluyen a todos los tipos de industrias (petroleras, petroquímicas, siderúrgicas, metalúrgicas, cementeras, entre otras) que

requieran optimizar su producción mediante la aplicación de los cálculos necesarios para la elaboración de sus productos.

El sistema a diseñar permitirá a sus usuarios planificar y emitir las órdenes de producción comparando la disponibilidad de inventario con los requerimientos estandarizados para cada uno de los productos presentes, validar que los recursos consumidos durante la fabricación no excedan del margen de error establecido por la empresa y generar reportes que apoyen a la toma de decisiones de la empresa.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

A continuación, se presentan trabajos de investigación realizados en años anteriores que guardan relación con los objetivos del presente proyecto. Dichos trabajos aportan información y conocimientos relevantes acerca del uso de modelos matemáticos para la optimización de recursos en cualquier empresa.

Bermúdez L. y Garzón A. (2016) presentaron un trabajo de grado titulado **“Desarrollo de un modelo de optimización para la localización de centros de distribución multiproducto considerando el cálculo de área”**, para optar por el título de Ingeniero Industrial en la Universidad Industrial de Santander, Colombia, en el cual se planteó la realización de un modelo matemático basado en programación lineal entera mixta, utilizando el software GAMS (General Algebraic Modeling System – Sistema de modelado algebraico general). Dicho modelo se realizó con el objetivo de mejorar la localización de centros de distribución capacitados en una cadena logística de tres eslabones, tomando en cuenta variables como el área de almacenamiento necesaria para dicho centro y cómo influye esa área en los costos fijos de arriendo, de modo de optimizar las localizaciones de los centros de distribución según el enfoque o la necesidad que tenga el autor de la empresa.

El cálculo de área se efectúa de acuerdo a una expresión matemática que involucra las demandas a atender asignadas al centro de distribución y algunas características de los sistemas de almacenamiento paletizados como el área de los pasillos, la altura de la estantería, entre otras variables. La relación del antecedente con la presente investigación es el uso de modelos matemáticos para la resolución de problemas que mejoren la estabilidad de las empresas, utilizando un software como herramienta de apoyo.

Así mismo, Santiago Sánchez (2015) presentó un trabajo de grado titulado **“Control de inventarios mediante programación lineal en la empresa La**

Fortaleza Cía. Ltda.”, para optar por el título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización en la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, cuyo objetivo fue aplicar un modelo de programación lineal para el control de inventarios de materia prima de la empresa mencionada. Para lograr dicho objetivo se llevó a cabo un estudio del proceso productivo y de los productos necesarios para la fabricación, tomando en cuenta ciertas variables como la demanda, el límite de la capacidad productiva y los costos relacionados al inventario.

El diseño del modelo matemático fue apoyado por el software Lingo®, el cual fue utilizado para la resolución de dicho modelo según las restricciones planteadas por las variables analizadas previamente. El presente trabajo de investigación está relacionado con el antecedente previamente descrito, debido a la elaboración y aplicación de modelos matemáticos que apoyen a la toma de decisiones de una empresa.

Por último, Dayana Figueira Ferreira (2014) presentó un trabajo de grado de maestría titulado **“Desarrollo y aplicación de un modelo de costos para toma de decisiones gerenciales de comercialización en empresas manufactureras del sector metalmecánico en Venezuela”**, para optar por el título de Magister en Administración de Empresas en la Universidad Católica Andrés Bello, Venezuela, el cual tuvo como objetivo crear un modelo de costos para la toma de decisiones gerenciales de comercialización, específicamente en empresas fabricantes de camas y jergones metálicos. Dicho modelo fue realizado mediante un análisis del organigrama funcional de la empresa, realizando un proceso de contabilidad en donde se calcularon todos los costos y gastos de un mes, en el cual se logró conocer con exactitud los costos totales de los materiales y suministros, productos en proceso y productos terminados.

El modelo terminado sirve como reporte para la toma de decisiones de la empresa acerca de las comercializaciones de sus productos. El antecedente guarda relación con la presente investigación al tratarse de la aplicación de un modelo de

costos para la toma de decisiones de cualquier empresa manufacturera, involucrando un diagnóstico de los procesos contables.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Manufactura de textiles

La manufactura de textiles consiste en la conversión de fibras en hilos que luego son transformados en telas, para fabricar los productos relacionados con la confección de prendas y vestimentas. El procesamiento usual de los textiles incluye 4 etapas: formación del hilo a partir de la fibra, formación de la tela, proceso de humidificación y fabricación. Los principales tipos de fibras son:

- Fibras naturales vegetales, tales como el algodón, lino, jute y cáñamo.
- Fibras hechas por el hombre, las cuales se clasifican en:
 - Ø Hechas artificialmente en base a materias primas naturales, tal es el caso del rayón, acetato, modal, cupro y lyocell, recientemente desarrollado.
 - Ø Fibras sintéticas, una sub clasificación de las fibras hechas por el hombre, las cuales usan frecuentemente elementos químicos sintéticos como base en lugar de provenir de químicos naturales extraídos por puros procesos físicos.
 - Ø Fibras basadas en proteínas, como la lana, seda y angora.

2.2.2. Investigación de operaciones

Churchman, Ackoff y Arnoff (1973) definen:

La investigación de operaciones es la aplicación, por grupos interdisciplinarios, del método científico a problemas relacionados con el control de las organizaciones o sistemas (hombre – máquina), a fin de que se produzcan soluciones que mejor sirvan a los objetivos de la organización.

Es decir, que la investigación de operaciones aspira a determinar el mejor curso de acción, o curso óptimo, de un problema de decisión con la restricción de recursos limitados. Se hace llamar investigación por el uso de un enfoque similar a la manera

en la que se lleva a cabo la investigación de los campos científicos establecidos. El término “operaciones” hace referencia a la resolución de los problemas en la conducción de operaciones dentro de una organización. Esta disciplina usa el método científico para investigar el problema en cuestión. En particular, el proceso comienza por la observación cuidadosa y la formulación del problema incluyendo la recolección de datos pertinentes. Para luego intentar encontrar una mejor solución (llamada solución óptima), para el problema bajo consideración.

Para la investigación de operaciones es necesario emplear el enfoque de equipo. Este equipo debe incluir personal con antecedentes firmes en matemáticas, estadísticas y teoría de probabilidades, economía, administración de empresas, ciencias de la computación, ingeniería, etc. El equipo también necesita tener la experiencia y las habilidades para permitir la consideración adecuada de todas las ramificaciones del problema. La investigación de operaciones en la ingeniería de sistemas se emplea principalmente en los aspectos de coordinación de operaciones y actividades de la organización o sistema que se analice, mediante el empleo de modelos que describan las interacciones entre los componentes del sistema y de éste con este con su medio ambiente. Actualmente, se emplean técnicas como la programación lineal, programación no lineal, teoría de colas, programación entera, programación dinámica, entre otras.

2.2.3. Modelo matemático

Un modelo matemático es una representación simplificada, a través de ecuaciones, funciones o fórmulas matemáticas, de un fenómeno o de la relación entre dos o más variables. El objetivo de un modelo matemático es la amplia comprensión del fenómeno y la posible predicción sobre su comportamiento en el futuro. Es importante mencionar que un modelo matemático no es completamente exacto con problemas de la vida real, de hecho, se trata de una idealización. El proceso para elaborar un modelo matemático es el siguiente:

- Encontrar un problema del mundo real

- Formular un modelo matemático acerca del problema, identificando variables (dependientes e independientes) y estableciendo hipótesis lo suficientemente simples para tratarse de manera matemática.
- Aplicar los conocimientos matemáticos que se posee para llegar a conclusiones matemáticas.
- Comparar los datos obtenidos como predicciones con datos reales. Si los datos son diferentes, se reinicia el proceso.

2.2.4. Programación lineal

La programación lineal corresponde a un algoritmo a través del cual se resuelven situaciones reales en las que se pretende identificar y resolver dificultades para aumentar la productividad respecto a los recursos, aumentando así los beneficios. El objetivo primordial de la programación lineal es optimizar, es decir, maximizar o minimizar funciones lineales en varias variables reales con restricciones lineales de modo de optimizar una función objetivo también lineal. Los resultados y el proceso de optimización se convierten en un respaldo cuantitativo de las decisiones frente a las situaciones planteadas.

El primer paso para la resolución de un problema de programación lineal consiste en la identificación de los elementos básicos de un modelo matemático: la función objetivo, las variables y las restricciones. Posteriormente, se deben determinar dichos elementos.

- **Función objetivo**

Esta función mantiene una estrecha relación con la interrogante fundamental que se desea responder. Si en un modelo resultasen distintas preguntas, la función objetivo se relacionaría con la pregunta del nivel superior, es decir, la pregunta fundamental. Por ejemplo, si en una situación se desean minimizar los costos, es muy probable que la pregunta de mayor nivel sea la que se relacione con aumentar la utilidad en lugar de un interrogante que busque hallar la manera de disminuir los costos.

- **Variables de decisión**

Son factores controlables del sistema modelado que pueden tomar diversos valores posibles, de los cuales se precisa conocer su valor óptimo, que contribuya con la consecución del objetivo de la función general del problema.

- **Restricciones**

Las restricciones en programación lineal se refieren a todo lo que limita la libertad de los valores que puedan tomar las variables de decisión, es decir que, según el análisis del problema a resolver, las variables estarán sujetas a una serie de limitantes tanto físicas como de contexto, las cuales condicionan al conjunto de valores posibles.

- **Métodos de resolución**

Según el problema o situación que desea resolverse a través de un modelo de programación lineal, se requiere aplicar el método de resolución más apropiado para las condiciones dadas. Entre los métodos de resolución se encuentran:

- Ø **Método gráfico**

El método gráfico se emplea para resolver problemas que presentan sólo dos variables de decisión. El procedimiento consiste en trazar las ecuaciones de las restricciones en un eje de coordenadas XY para tratar de identificar el área de soluciones que cumplan con dichas restricciones. La solución óptima del problema se encontrará en uno de los vértices de dicha área, por lo que se buscará en estos datos el valor mínimo o máximo del problema.

- Ø **Método simplex**

El método simplex es un procedimiento iterativo que permite mejorar la solución de la función objetivo en cada paso. El proceso concluye cuando no es posible continuar mejorando dicho valor, debido a que se ha alcanzado el valor máximo o mínimo que satisface las restricciones. Partiendo del valor de la función objetivo en un punto cualquiera, el procedimiento consiste en buscar otro punto que mejore el valor anterior. Como se describe en el método gráfico, dichos puntos son

los vértices del área determinada por las restricciones a las que se encuentra sujeto el problema. La búsqueda se realiza mediante desplazamientos por las aristas de la figura conformada por dicha área, desde el vértice actual hasta uno adyacente que mejore el valor de la función objetivo. Siempre que exista un área de soluciones y que su número de vértices y de aristas sea finito, será posible encontrar la solución.

El método simplex se basa en la siguiente propiedad: si la función objetivo Z no toma su valor máximo en el vértice A , entonces existe una arista que parte de A y a lo largo de la cual el valor de Z aumenta. Será necesario tener en cuenta que el método Simplex únicamente trabaja con restricciones del problema cuyas inecuaciones sean

relaciones y propiedades respecto al problema primal que pueden ser de gran beneficio para la toma de decisiones. Las relaciones entre los problemas primales y duales pueden darse por lo siguiente:

- El número de variables que presenta el problema dual se ve determinado por el número de restricciones que presenta el problema primal.
- El número de restricciones que presenta el problema dual se ve determinado por el número de variables que presenta el problema primal.
- Los coeficientes de la función objetivo en el problema dual corresponden a los términos independientes de las restricciones (RHS), que se ubican del otro lado de las variables.
- Los términos independientes de las restricciones (RHS) en el problema dual corresponden a los coeficientes de la función objetivo en el problema primal.
- La matriz que determina los coeficientes técnicos de cada variable en cada restricción corresponde a la transpuesta de la matriz de coeficientes técnicos del problema primal.

2.2.5. Programación Orientada a Objetos

La programación orientada a objetos (POO) es un paradigma de programación que se asemeja a cómo se expresan las cosas en la vida real, es decir, que en ella se escriben los programas en términos de objetos, propiedades y métodos. Para pensar en objetos, se debe realizar una abstracción, tomando las características del mundo real y llevarlas al programa, por ejemplo, si se desea modelar un objeto coche, se pueden idear ciertas características que posee dicho coche, como el color, el modelo o la marca, además de sus funcionalidades asociadas como ponerse en marcha, parar o aparcar. La POO establece los siguientes conceptos:

- **Clases**

Las clases son declaraciones de objetos, también se podrían definir como abstracciones de objetos. Esto quiere decir que la definición de un objeto es la clase. Al programar un objeto y definir sus características y funcionalidades, en realidad se

está programando una clase. Dicha clase posee propiedades o atributos para los objetos y métodos que definen las funcionalidades asociadas a los mismos.

- **Objetos**

Los objetos son ejemplares de una clase cualquiera. Al crear un ejemplar se debe especificar la clase a partir de la cual se creará. Esta acción se le llama instanciar, y dicho objeto contiene estados y mensajes. Los estados del objeto son aquellos valores concretos que toman las propiedades del mismo, mientras que los mensajes son las acciones de efectuar una llamada a un método o función.

- **Herencia**

Es un mecanismo de la programación orientada a objetos que permite crear objetos que incorporen propiedades y métodos de otros objetos. Esto permite construir objetos a partir de otros sin tener que reescribir todo el código.

- **Polimorfismo**

Es un mecanismo apoyado en la herencia que sirve para definir un código que sea compatible con varios objetos. Es decir, que en un programa se pueden tener varios tipos de objetos que trabajen con una misma llamada a una función (mensaje) y realizar una acción según el tipo de objeto.

2.2.6. Python

Python es un lenguaje de programación independiente de plataforma y orientado a objetos, preparado para realizar cualquier tipo de programa, desde aplicaciones Windows a servidores de red o incluso, páginas web. Es un lenguaje interpretado, lo que significa que no se necesita compilar el código fuente para poder ejecutarlo, lo que ofrece ventajas como la rapidez de desarrollo e inconvenientes como una menor velocidad.

En los últimos años el lenguaje se ha hecho muy popular, gracias a varias razones como:

- La cantidad de bibliotecas que contiene, los tipos de datos y funciones incorporadas en el propio lenguaje, que ayudan a realizar muchas tareas habituales sin necesidad de tener que programarlas de nuevo.
- La sencillez y velocidad con la que se crean los programas. Un programa en Python puede tener de 3 a 5 líneas de código menos que su equivalente en Java o C.
- La cantidad de plataformas en las que se puede desarrollar, como Unix, Windows, OS/2, Mac, Amiga y otros.
- Es gratuito, incluso para propósitos empresariales.

Python además posee las siguientes características generales:

- **Propósito general**

Se pueden crear todo tipo de programas. No es un lenguaje creado específicamente para la web, aunque entre sus posibilidades sí se encuentra el desarrollo de páginas.

- **Multipataforma**

Hay versiones disponibles de Python en muchos sistemas informáticos distintos. Originalmente se desarrolló para Unix, aunque cualquier sistema es compatible con el lenguaje siempre y cuando exista un intérprete programado para él.

- **Interpretado**

Quiere decir que no se debe compilar el código antes de su ejecución. En realidad, sí que se realiza una compilación, pero esta se realiza de manera transparente para el programador. En ciertos casos, cuando se ejecuta por primera vez un código, se producen unos bytes que se guardan en el sistema y que sirven para acelerar la compilación implícita que realiza el intérprete cada vez que se ejecuta el mismo código.

- **Interactivo**

Python dispone de un intérprete por línea de comandos en el que se pueden introducir sentencias. Cada sentencia se ejecuta y produce un resultado visible, que

puede ayudarnos a entender mejor el lenguaje y probar los resultados de la ejecución de porciones de código rápidamente.

- **Orientado a Objetos**

La programación orientada a objetos está soportada en Python y ofrece en muchos casos una manera sencilla de crear programas con componentes reutilizables.

- **Funciones y bibliotecas**

Dispone de muchas funciones incorporadas en el propio lenguaje, para el tratamiento de textos, números, archivos, etc. Además, existen muchas librerías que podemos importar en los programas para tratar temas específicos como la programación de ventanas o sistemas en red o cosas tan interesantes como crear archivos comprimidos en .zip.

- **Sintaxis clara**

Por último, destacar que Python tiene una sintaxis muy visual, gracias a una notación indentada (con márgenes) de obligado cumplimiento. En muchos lenguajes, para separar porciones de código, se utilizan elementos como las llaves o las palabras clave “begin” y “end”. Para separar las porciones de código en Python se debe tabular hacia dentro, colocando un margen al código que iría dentro de una función o un bucle. Esto ayuda a que todos los programadores adopten unas mismas notaciones y que los programas de cualquier persona tengan un aspecto muy similar.

2.2.7. SQLite

SQLite es una herramienta de software libre, que permite almacenar información en dispositivos empotrados de una forma sencilla, eficaz, potente, rápida y en equipos con pocas capacidades de hardware. Algunas características principales de SQLite son:

- La base de datos completa se encuentra en un solo archivo.
- Puede funcionar enteramente en memoria, lo que la hace muy rápida.
- Tiene un espacio físico en memoria menor a 230KB.
- Es totalmente autocontenida (sin dependencias externas).

- Cuenta con bibliotecas de acceso para muchos lenguajes de programación.
- Soporta texto en formato UTF-8 y UTF-16, así como datos numéricos de 64 bits.
- Soporta funciones SQL definidas por el usuario (UDF).
- El código fuente es de dominio público y se encuentra muy bien documentado.

2.3. Definición de términos básicos

Manufactura: es el resultado de convertir materias primas en un producto elaborado por medio de un proceso industrial.

Textil: producto hecho de tela o elaborado sobre tela. Se emplea en la confección de tejidos.

Modelo: prototipo que funciona como referencia y ejemplo para la realización de procesos de la misma naturaleza.

Materia prima: sustancia natural o artificial que se transforma mediante procesos industriales para crear un producto final.

Mano de obra: esfuerzo físico y mental aplicado al proceso de elaboración de un bien.

Optimización: método matemático para determinar los valores de las variables que intervienen en un proceso o sistema para que el resultado sea el mejor posible.

Método iterativo: método de resolución de un problema matemático que comienza con una solución inicial y posteriormente realiza aproximaciones sucesivas hacia la solución real.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación, al tener como objetivo general el desarrollo de un sistema de optimización de costos de producción, se fundamenta en la modalidad de proyecto factible, que se puede definir como: “una propuesta de acción para resolver un problema práctico o satisfacer una necesidad. Es indispensable que dicha propuesta se acompañe de una investigación, que demuestre su factibilidad o posibilidad de realización” (Arias, 2006, p. 134).

3.2. Nivel de la investigación

El nivel de la investigación es descriptivo, debido a que en ella se plantea la realización de un diagnóstico completo del cálculo de costos de la empresa Manufacturas Maker C.A. para la definición de los requerimientos del sistema de optimización, en el cual se analizan puntualmente los elementos y procedimientos involucrados. Arias (2006) afirma que “los estudios descriptivos miden de forma independiente las variables y aun cuando no se formulen hipótesis, tales variables aparecen enunciadas en los objetivos de investigación”. Por otra parte, Méndez (2006) argumenta: “el estudio descriptivo identifica características del universo de investigación o variable objeto de estudio. Este tipo de investigación requiere un considerable conocimiento del área que se investiga para formular las preguntas específicas que busca responder”. Por lo tanto, este nivel de investigación es útil para definir todos los parámetros establecidos mediante procedimientos que permitan conocer qué tipos de datos deben recolectarse, cómo se recolectarán y cómo se procesarán.

3.3. Diseño de la investigación

Basado en el planteamiento del tipo de investigación como un proyecto factible y su nivel descriptivo, se aplican técnicas de recolección de datos que permitirán el

diagnóstico de los procedimientos de cálculo de costos en la empresa Manufacturas Maker C.A.

Dichas técnicas son aplicadas directamente en el lugar de estudio, por lo cual la presente investigación sigue el modelo de una investigación de campo. Bavaresco (2006, p.29) indica que “este tipo de investigación es aquella que se realiza en el propio sitio de estudio, donde se encuentra el objeto del mismo; permitiendo así el conocimiento más a fondo del problema de la investigación”, mientras que Arias (2006, p.31) argumenta que “la investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente, de los sujetos investigados o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna”.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Arias (2006, p.81) define la población como “el conjunto finito o infinito de elementos con características comunes, para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda limitada por el problema y por los objetivos del estudio”. Por lo tanto, la población presente en la investigación corresponde a los quince (15) individuos que conforman la empresa Manufacturas Maker C.A.

3.4.2. Muestra

Según Arias (2006, p.83), “una muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”. En la investigación, la muestra es de tipo no probabilística, la cual Cuesta (2009) define como “una técnica de muestreo donde las muestras se recogen en un proceso que no brinda a todos los individuos de la población iguales oportunidades de ser seleccionados”. La muestra considerada es de un (1) individuo que labora en la empresa Manufacturas Maker C.A., la cual es seleccionada intencionalmente para aplicar el instrumento de recolección de datos que apoyará para el diagnóstico del procedimiento de cálculo de costos.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Arias (2006, p.146) define a las técnicas e instrumentos de recolección de datos como “las distintas formas o maneras de obtener la información”. La presente investigación hace uso de una entrevista no estructurada al gerente de la empresa Manufacturas Maker C.A. Para Sabino (2002), la entrevista no estructurada “es más flexible y abierta. El investigador sobre la base del problema, los objetivos y las variables, elabora las preguntas antes de realizar la entrevista”. Por lo tanto, las preguntas y respuestas de la entrevista serán variables según el tipo de información recopilada durante la aplicación de dicho instrumento.

Para el complemento del diagnóstico, se aplica una observación directa, que según Méndez (2009, p.251) “es el proceso mediante el cual se perciben deliberadamente ciertos rasgos existentes en la realidad por medio de un esquema conceptual previo y con base en ciertos propósitos definidos generalmente por una conjetura que se quiere investigar”.

3.6. Fases metodológicas

En el presente proyecto se emplea la metodología de desarrollo XP (Extreme Programming – Programación Extrema), la cual se destaca como una de las más apropiadas en los procesos ágiles de desarrollo de software, enfocándose en la toma de decisiones de una empresa. Es una metodología que está diseñada para entregar el software necesario para los clientes en el momento necesario, además de impulsar a los desarrolladores a responder a los requerimientos cambiantes de los clientes.

La metodología XP define cuatro variables: costo, tiempo, calidad y alcance, las cuales pueden ser fijadas arbitrariamente (a excepción del alcance) por actores externos al equipo de desarrollo. Se establece también un ciclo de vida en el que se definen 4 fases: analizar y definir las necesidades del cliente, planificar los requerimientos del software, desarrollar el software mediante un proceso iterativo en el que se realizan varias entregas al cliente y, finalmente, realizar una entrega final para la puesta en producción del software.

En la investigación se definen las siguientes fases:

Fase I: Diagnosticar el proceso de cálculo de costos mediante técnicas de recolección de datos para la identificación de los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema

Esta fase tiene como objetivo realizar un análisis detallado del proceso actual de cálculo de costos de la empresa Manufacturas Maker C.A. aplicando una entrevista estructurada al gerente de dicha empresa y una observación directa de dicho proceso, con el propósito de identificar qué requerimientos son necesarios para el funcionamiento del sistema de optimización.

Fase II: Diseñar el sistema de optimización de costos usando el modelo más apropiado sustentado con la metodología de desarrollo XP

Según los resultados del diagnóstico planteado en la Fase I, se procede al diseño del sistema, que utilizará como apoyo un modelo matemático de optimización, el cual será construido mediante el análisis de las variables y restricciones presentes en la fabricación de productos de la empresa Manufacturas Maker C.A. y la aplicación del método de programación lineal más apropiado.

Fase III: Construir el sistema de optimización mediante herramientas computacionales

Tras la realización de las fases anteriores, se procede a codificar el sistema para implementar el modelo matemático diseñado y adaptarlo al procedimiento de cálculo de costos de producción, para mejorar la gestión de la materia prima y la mano de obra y generar reportes que apoyen a la toma de decisiones de la empresa. Al terminar el proceso de codificación, se procederá a elaborar un plan de pruebas para asegurar el correcto funcionamiento del sistema y evitar errores que lo impidan.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Fase I: Diagnóstico

En la siguiente fase se presenta el análisis e interpretación resultados obtenidos en el diagnóstico del proceso de cálculo de costos de fabricación de productos textiles en la empresa Manufacturas Maker C.A., con la finalidad de definir los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema de optimización. Dicho diagnóstico se llevó a cabo mediante la aplicación de una entrevista no estructurada al gerente de dicha empresa y una observación directa de las hojas de cálculo empleadas para el procedimiento correspondiente.

4.1.1. Resultados de la entrevista no estructurada

En la aplicación de la entrevista no estructurada, se obtuvo la siguiente información:

- Para fabricar cualquier tipo de producto, es necesario determinar el costo de dicho producto, en el cual se deben destacar todos los factores que intervienen en su respectiva formulación, como lo son la cantidad de unidades de materia prima, gastos y servicios.
- La empresa puede realizar una orden de producción según dos tipos de situaciones: producir una cantidad específica para cubrir la necesidad de un pedido que realiza un cliente, o producir para mantener el inventario a un nivel mínimo y considerable.
- La empresa posee un portafolio de productos definido, cada uno con su respectiva formulación y características, para ofrecer cotizaciones a los clientes, de las cuales pueden surgir pedidos que ameriten la fabricación de los productos ofertados. Las características de los productos se diferencian por sus distintos tipos de modelos, lo cual permite otorgarle una variedad al portafolio de productos.

- Para establecer el precio de venta de un producto, se establece un parámetro de utilidad según la cantidad de recursos invertidos por la empresa y el esfuerzo que se realiza para fabricar dicho producto.

4.1.2. Análisis de las hojas de cálculo de costos

Mediante el proceso de observación de las hojas de cálculo de costos utilizadas en la empresa Manufacturas Maker C.A. se realizó el siguiente análisis de resultados:

- La empresa fabrica los siguientes tipos de productos textiles: batas, bragas, camisas y pantalones.
- Las materias primas utilizadas para dichos productos se clasifican en: telas, hilos, botones, cierres y gomas elásticas.
- Los productos y materias primas poseen una diversidad de colores y tallas.
- Cada producto terminado posee una formulación estandarizada, la cual contiene todos los componentes necesarios con su respectiva cantidad y costo unitario.
- El costo de cada producto terminado se obtiene mediante la suma de los costos totales de las materias primas requeridas y de los servicios de mano de obra necesarios para la elaboración de dicho producto, entre los cuales se destacan el trazo, el corte y la confección.
- Al costo total calculado se le adiciona 5% que representa gastos ajenos a la producción y un 1% que representa gastos de transporte.
- Una vez obtenido el costo total de producción con sus respectivos gastos, se establece un precio de venta según el margen de ganancia establecido por la empresa (5%).
- Al precio de venta del producto se le debe adicionar un 6% de comisiones, el cual se divide en un 1% para la comisión por ventas, un 1% para la comisión por cobranza, un 2% para la comisión por cobranza oportuna y un 2% para la comisión por gastos administrativos de ventas.

4.1.3. Definición de requerimientos funcionales y no funcionales

Una vez realizado el análisis del diagnóstico correspondiente, se definen los siguientes requerimientos del sistema de optimización:

4.1.3.1. Requerimientos funcionales

- Inicio de sesión de usuarios con sus respectivos roles en el sistema.
- Gestión del portafolio de productos y sus existencias en almacenes.
- Gestión de requerimientos estandarizados de materia prima y servicios para la formulación de los productos.
- Realización de operaciones de entradas y salidas en el inventario.
- Generación, gestión y cierre de órdenes de producción.
- Planificación óptima de la producción según la disponibilidad del inventario.
- Cálculo de los valores óptimos para una orden de producción.
- Elaboración de reportes.

4.1.3.2. Requerimientos no funcionales

- Despliegue de ventanas emergentes con formularios que envían la información ingresada por el usuario.
- Visualización de datos mediante tablas con filtros de información.
- Impresión de reportes en formato PDF.

4.2. Fase II: Diseño

Luego del análisis de requerimientos funcionales y no funcionales para el sistema de optimización de costos, se presenta a continuación el diseño del mismo, el cual consta de diagramas que definen las diversas tareas que llevarán al cumplimiento de los requerimientos planteados.

4.2.1. Diagramas de caso de uso

En el sistema planteado existen dos tipos de usuarios: usuario administrador y usuario regular, para filtrar los tipos de tareas que pueden realizar estos mismos. Para el desglose de dichas tareas, se plantean los siguientes diagramas de caso de uso:



Figura 1 – Diagrama de caso de uso del usuario administrador

Fuente: Miguel Gallo (2019)

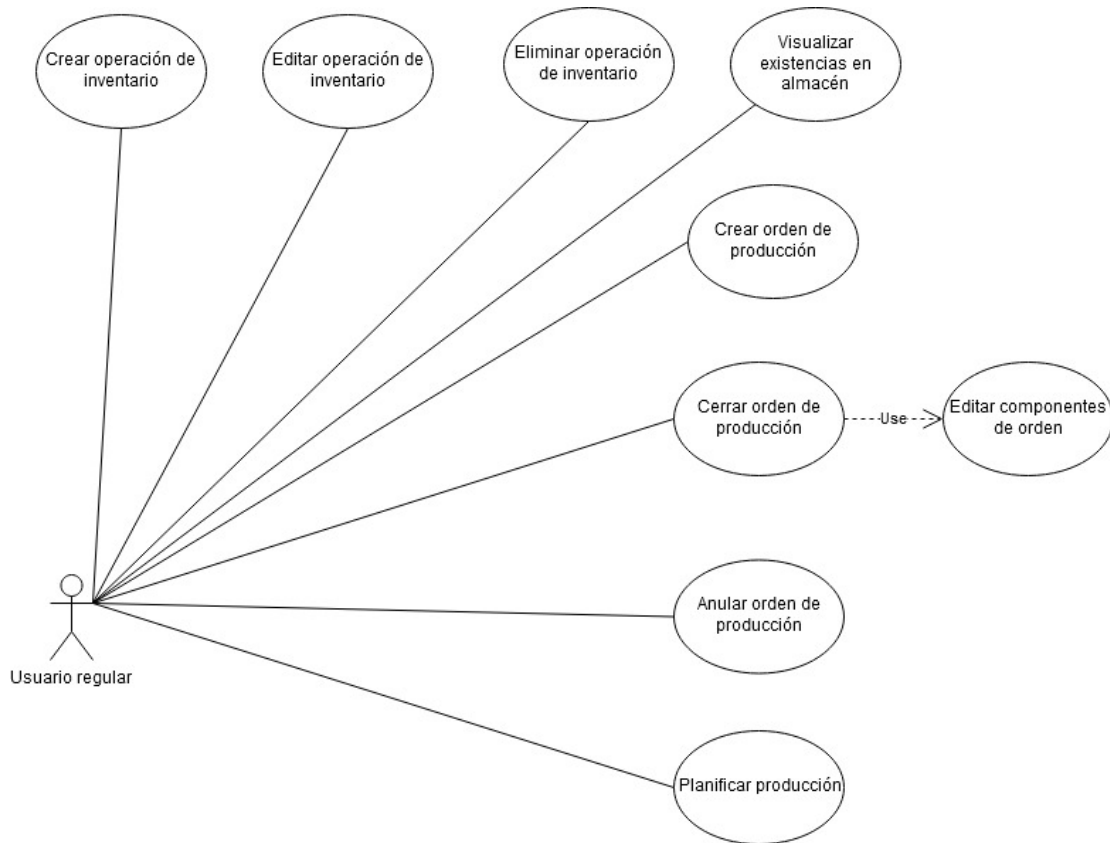


Figura 2 – Diagrama de caso de uso del usuario regular

Fuente: Miguel Gallo (2019)

4.2.2. Diagrama de clases

En el siguiente diagrama se desglosa el análisis de todas las clases o tipos de objetos necesarios para el funcionamiento del sistema, con sus respectivas composiciones y asociaciones entre sí.

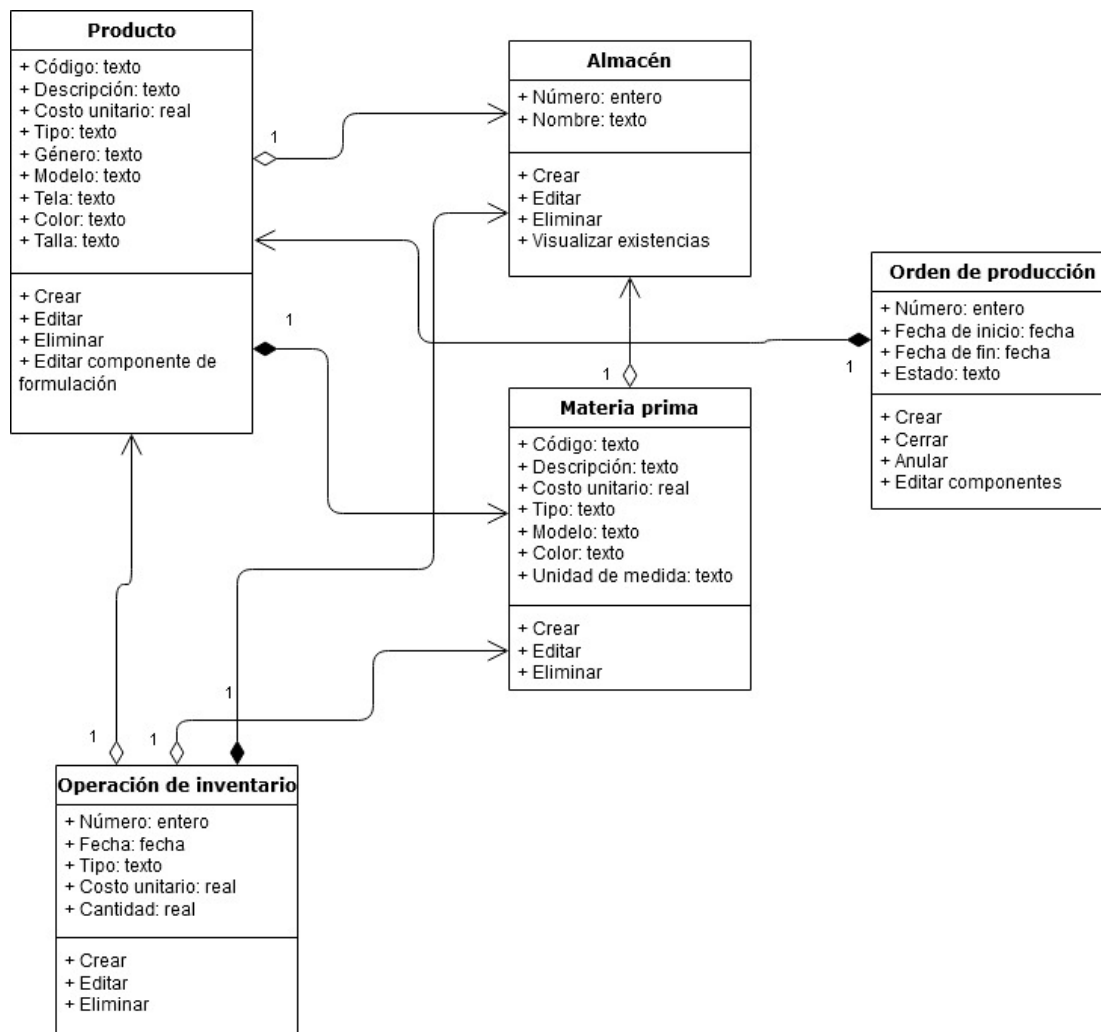


Figura 3 – Diagrama de clases

Fuente: Miguel Gallo (2019)

4.2.3. Diagrama de actividades

El siguiente diagrama presenta de forma detallada el funcionamiento completo del sistema, detallando el orden y la secuencia de todas las distintas tareas que éste realiza.

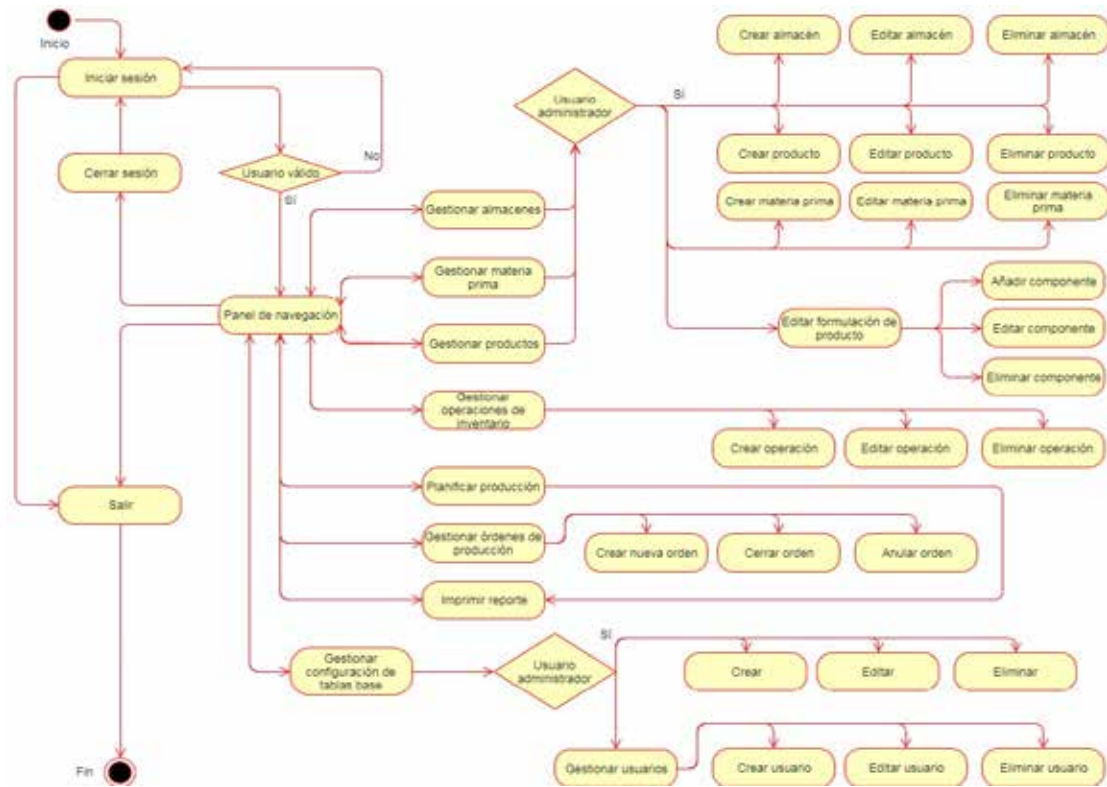


Figura 4 – Diagrama de actividades

Fuente: Miguel Gallo (2019)

4.2.4. Diagrama de estados

En el sistema diseñado, se plantea la gestión de órdenes de producción, las cuales son creadas para luego cerrarse o anularse si las condiciones lo ameritan. El siguiente diagrama detalla los estados que puede tomar una orden de producción en el sistema según las tareas realizadas.

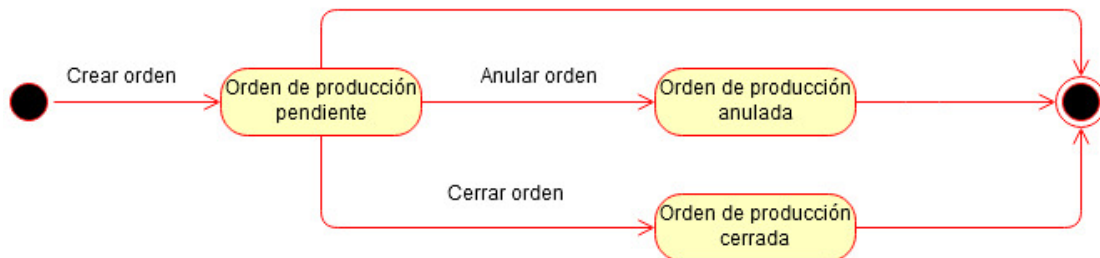


Figura 5 – Diagrama de estados

Fuente: Miguel Gallo (2019)

- **Variables:** las variables a considerar son los distintos tipos de productos presentes en el portafolio de la empresa Manufacturas Maker C.A., entre los cuales se consideran cuatro (4) tipos: batas, bragas, camisas y pantalones. Dichos tipos de productos están clasificados a su vez en género, modelo, tipo de tela, color y talla.
- **Función objetivo:** la función a optimizar en el presente modelo es la ganancia total máxima, la cual será la sumatoria de las ganancias individuales por cada producto. La ganancia individual de cada producto será igual a su respectivo precio de venta multiplicado por la cantidad producida, es decir, el valor que toma la respectiva variable.
- **Restricciones:** las restricciones a las que están sujetas las variables del presente modelo se presentan en los requerimientos de materia prima para cada producto terminado. Cada componente presente en la formulación del producto somete a las variables para que la cantidad total del mismo no exceda de su existencia actual en inventario.

4.3. Fase III: Construcción

4.3.1. Definición de herramientas computacionales

El sistema de optimización de costos fue diseñado como una aplicación de escritorio desarrollada en el lenguaje de programación Python versión 3.

Dicha aplicación se conecta a una base de datos desarrollada con el gestor SQLite 3 y su construcción fue realizada mediante el uso del módulo Tkinter, el cual viene preinstalado en el entorno de Python y le otorga a la aplicación la funcionalidad gráfica para facilitar las tareas del usuario. Adicionalmente, el sistema utiliza los siguientes módulos instalables de Python:

- **PuLP:** es un módulo que posee funciones que ayudan a elaborar un modelo de programación lineal óptimo. Dichas funciones construyen las variables, restricciones y función objetivo necesarias para cualquier problema de programación lineal, para así sucesivamente calcular de forma automática los

valores que optimicen dicha función objetivo.

- **FPDF:** este módulo constituye una herramienta para escribir e imprimir archivos en formato PDF, el cual contiene funciones capaces de insertar y posicionar imágenes y texto formateado, para así obtener un documento final.
- **PIL:** el siguiente módulo se encarga de proporcionar funciones que permiten desplegar archivos de imagen de cualquier formato en la interfaz gráfica del sistema.
- **TkCalendar:** es un módulo derivado de Tkinter que proporciona elementos gráficos como calendarios y campos para entradas de tiempo (fechas), para facilitar al usuario la consulta de datos en el sistema según un período de tiempo establecido.

4.3.2. Funcionamiento del sistema

En las siguientes figuras se muestra el funcionamiento de los módulos principales del sistema:

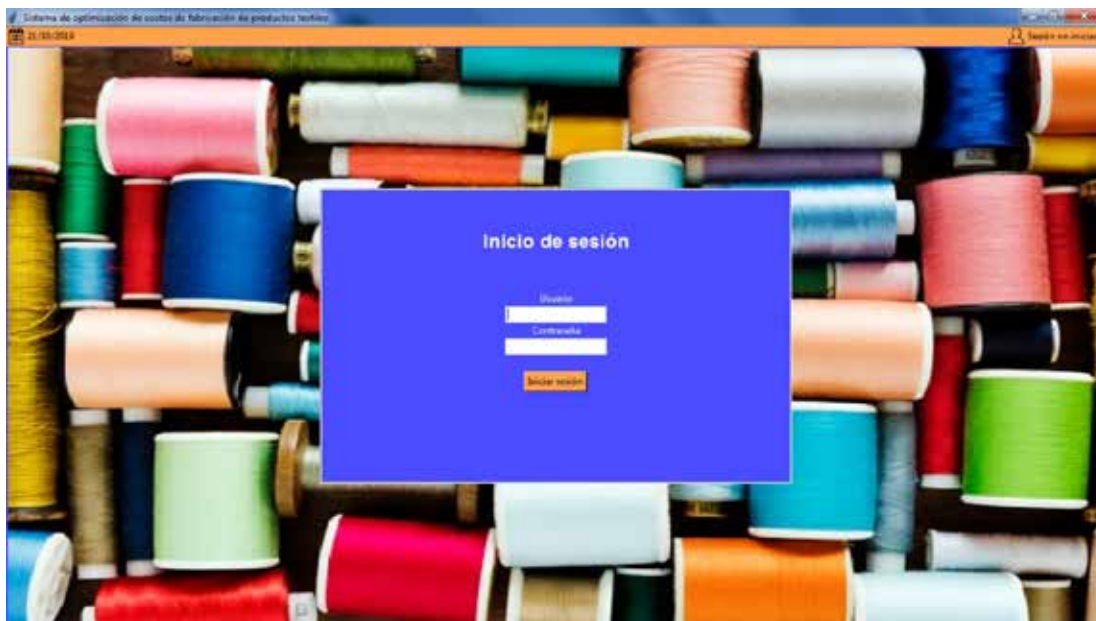


Figura 7 – Inicio de sesión

Fuente: Miguel Gallo (2019)

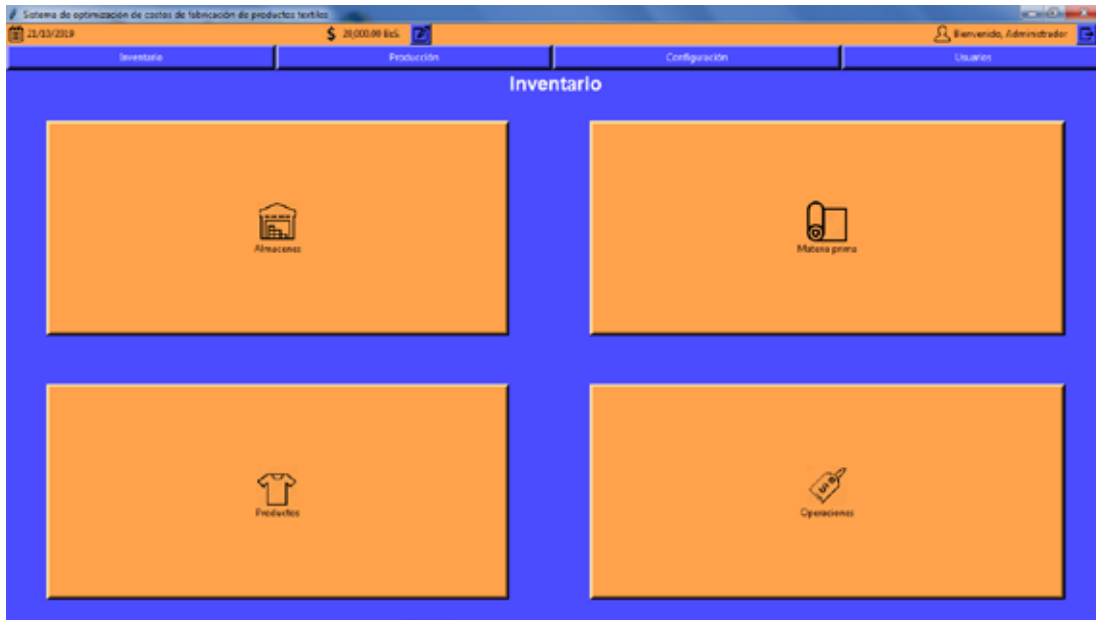


Figura 8 – Opciones de inventario

Fuente: Miguel Gallo (2019)

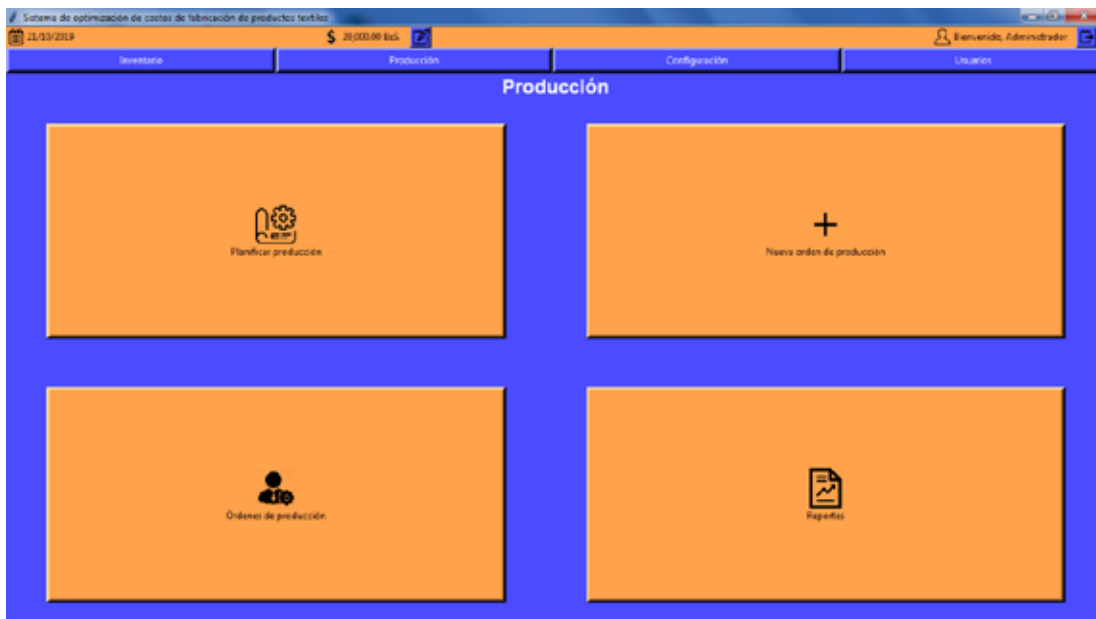


Figura 9 – Opciones de producción

Fuente: Miguel Gallo (2019)

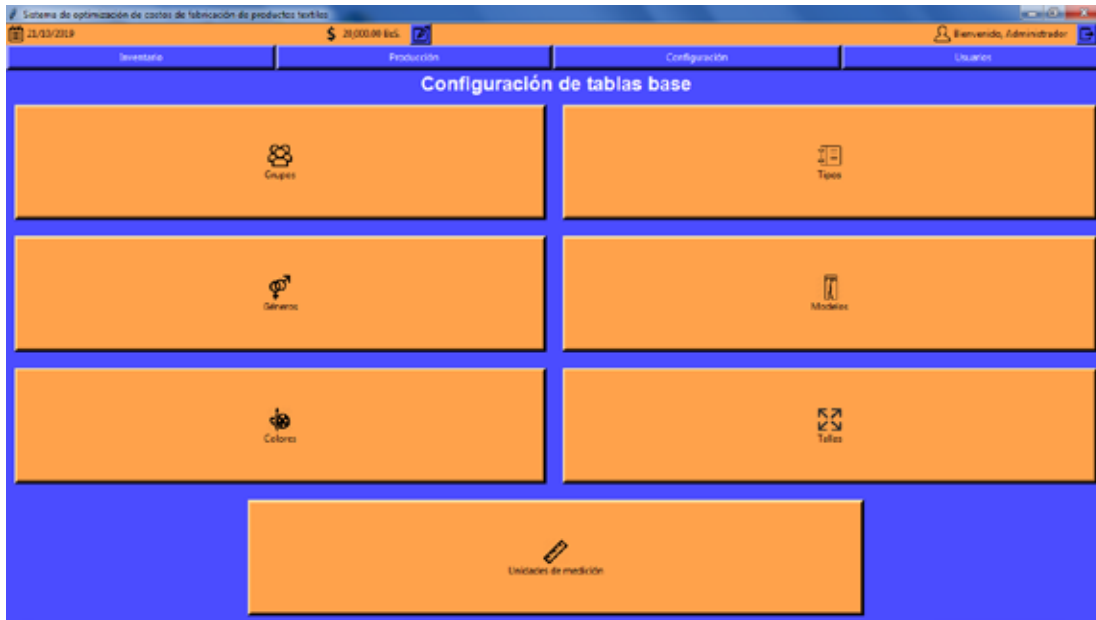


Figura 10 – Opciones de configuración

Fuente: Miguel Gallo (2019)

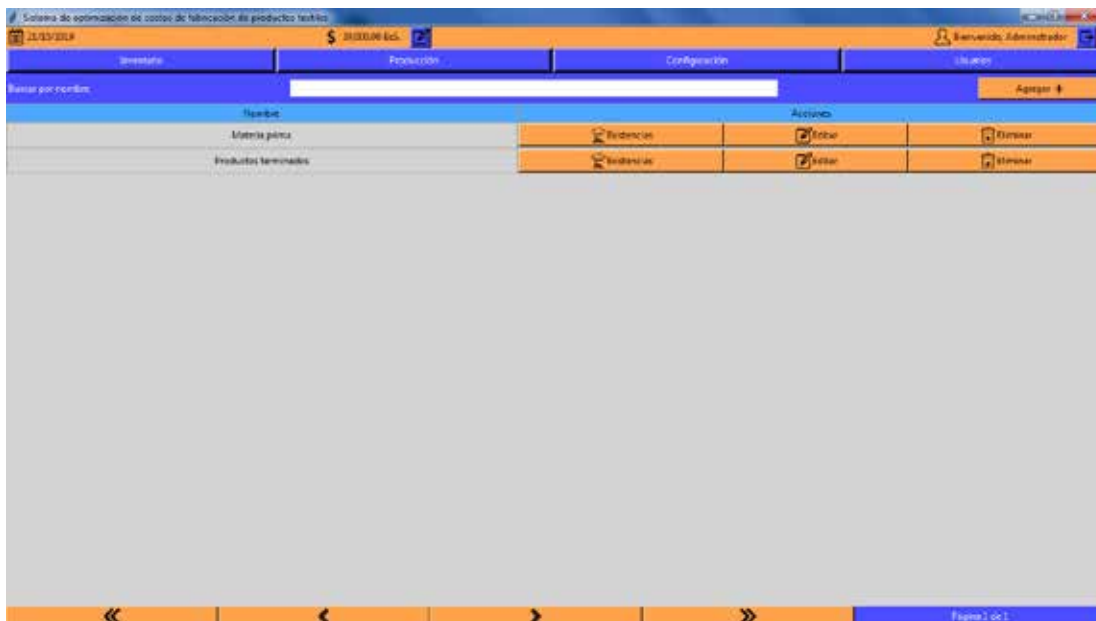


Figura 11 – Gestión de almacenes

Fuente: Miguel Gallo (2019)

Existencias en almacén Materia prima

Código	Nombre	En existencia
001-0-001-DENFAS-BLA-160-001	Denim Fashion Blanco. 160 cm ancho	100.00 Mts.
001-0-001-DENFAS-IND-160-001	Denim Fashion Azul índigo. 160 cm ancho	100.00 Mts.
001-0-001-DENXXX-IND-170-001	Denim 14 Onzas Azul índigo. 170 cm ancho. 100% algodón	100.00 Mts.
001-0-002-FORMAL-BCO-150-001	Forro Malla Blanco. 150 cm ancho	30.00 Mts.
001-0-002-FOROTW-BCO-280-002	Forro Bolsillo Blanco. 240 cm ancho	30.00 Mts.
001-0-005-DRIBRP-AZM-160-001	Drill Borneo Plus Azul marino. 160 cm ancho. 35% algodón 65% poliéster	100.00 Mts.
001-0-005-DRIBRP-BLA-160-001	Drill Borneo Plus Blanco. 160 cm ancho. 35% algodón 65% poliéster	100.00 Mts.
001-0-007-DAC205-BLA-150-001	Popelina Dacrón 205 Blanco. 150 cm ancho. 20% algodón 80% poliéster	100.00 Mts.
001-0-008-OXFALE-AZC-150-001	Oxford Alemán Azul celeste. 150 cm ancho. 70% algodón 30% poliéster	100.00 Mts.
001-0-008-OXFALE-BLA-150-001	Oxford Alemán Blanco. 150 cm ancho. 70% algodón 30% poliéster	100.00 Mts.

« « « » » » Página 1 de 5

Figura 12 – Existencias de productos en almacén seleccionado

Fuente: Miguel Gallo (2019)

Sistema de optimización de costos de fabricación de productos textiles

12/13/2019 \$ 20,000.00 BOLS. Bienvenido, Administrador

Evento	Producción	Configuración	Usuarios
Logo	Buscar por nombre		Agrupar
Código	Nombre	Acciones	
001-0-001-DENXXX-IND-170-001	Denim 14 Onzas Azul índigo. 170 cm ancho. 100% algodón	Editar	Eliminar
001-0-001-DENFAS-IND-160-001	Denim Fashion Azul índigo. 160 cm ancho	Editar	Eliminar
001-0-001-DENFAS-BLA-160-001	Denim Fashion Blanco. 160 cm ancho	Editar	Eliminar
001-0-005-DRIBRP-AZM-160-001	Drill Borneo Plus Azul marino. 160 cm ancho. 35% algodón 65% poliéster	Editar	Eliminar
001-0-005-DRIBRP-BLA-160-001	Drill Borneo Plus Blanco. 160 cm ancho. 35% algodón 65% poliéster	Editar	Eliminar
001-0-007-DAC205-BLA-150-001	Popelina Blanco. 150 cm ancho	Editar	Eliminar
001-0-002-FOROTW-BCO-280-002	Forro Bolsillo Blanco. 240 cm ancho	Editar	Eliminar
001-0-002-FORMAL-BCO-150-001	Forro Malla Blanco. 150 cm ancho	Editar	Eliminar
001-0-008-OXFALE-AZC-150-001	Oxford Alemán Azul celeste. 150 cm ancho. 70% algodón 30% poliéster	Editar	Eliminar
001-0-008-OXFALE-BLA-150-001	Oxford Alemán Blanco. 150 cm ancho. 70% algodón 30% poliéster	Editar	Eliminar

« « « » » » Página 1 de 5

Figura 13 – Gestión de materia prima

Fuente: Miguel Gallo (2019)

Sistema de optimización de costos de fabricación de productos textiles

12/13/2018 \$ 20.000.000 Bs. Bienvenido, Administrador

Inventario Producción Configuración Maestros

1 pc. Buscar por nombre Agregar

Código	Nombre	Acciones		
CAM-C-805-01FALE-AZC-000-555	Camisas para Caballero modelo Boston Azul celeste talla SSS. Tela Oxford Alemán	Editar	Formulación	Eliminar
CAM-C-805-01FALE-AZC-000-455	Camisas para Caballero modelo Boston Azul celeste talla SS. Tela Oxford Alemán	Editar	Formulación	Eliminar
CAM-C-805-01FALE-AZC-000-445	Camisas para Caballero modelo Boston Azul celeste talla S. Tela Oxford Alemán	Editar	Formulación	Eliminar
CAM-C-805-01FALE-AZC-000-444	Camisas para Caballero modelo Boston Azul celeste talla M. Tela Oxford Alemán	Editar	Formulación	Eliminar
CAM-C-805-01FALE-AZC-000-443	Camisas para Caballero modelo Boston Azul celeste talla L. Tela Oxford Alemán	Editar	Formulación	Eliminar
CAM-C-805-01FALE-AZC-000-442	Camisas para Caballero modelo Boston Azul celeste talla XL. Tela Oxford Alemán	Editar	Formulación	Eliminar
CAM-C-805-01FALE-AZC-000-441	Camisas para Caballero modelo Boston Azul celeste talla 2XL. Tela Oxford Alemán	Editar	Formulación	Eliminar
CAM-C-805-01FALE-AZC-000-440	Camisas para Caballero modelo Boston Azul celeste talla 3XL. Tela Oxford Alemán	Editar	Formulación	Eliminar
CAM-C-805-01FALE-AZC-000-439	Camisas para Caballero modelo Boston Azul celeste talla 4XL. Tela Oxford Alemán	Editar	Formulación	Eliminar
CAM-C-805-01FALE-AZC-000-340	Camisas para Caballero modelo Boston Azul celeste talla 5XL. Tela Oxford Alemán	Editar	Formulación	Eliminar

Página 1 de 26

Figura 14 – Gestión de productos

Fuente: Miguel Gallo (2019)

Formulación de Camisas para Caballero modelo Boston Azul celeste talla SSS. Tela Oxford Alemán

Formulación de Camisas para Caballero modelo Boston Azul celeste talla SSS. Tela Oxford Alemán

Código Nombre

001-0-001-DEN000-IND-170-001 Denim 14 Onzas Azul indigo. 170 cm ancho. 100% algodón

001-0-001-DENFAS-IND-160-001 Denim Fashion Azul indigo. 160 cm ancho

001-0-001-DENFAS-BLA-160-001 Denim Fashion Blanco. 160 cm ancho

001-0-005-DRBERP-AZM-160-001 Drill Borneo Plus Azul marino. 160 cm ancho. 35% algodón 65% poliéster

001-0-005-DRBERP-BLA-160-001 Drill Borneo Plus Blanco. 160 cm ancho. 35% algodón 65% poliéster

Tela Cantidad

Agregar componentes

Componentes	Cantidad	Costo unitario	Total	Acciones	
Oxford Alemán Azul celeste. 150 cm ancho. 70% algodón 30% poliéster	1.53 Metros	38,000.00 BsS.	58,140.00 BsS.	Editar	Eliminar
Entretela Blanco. 150 cm ancho	0.07 Metros	42,000.00 BsS.	2,940.00 BsS.	Editar	Eliminar
Botón Acrílico Blanco perforado. 4 huecos. Tamaño 18	8.00 Unidades	110.00 BsS.	880.00 BsS.	Editar	Eliminar
Botón Acrílico Blanco perforado. 4 huecos. Tamaño 14	3.00 Unidades	110.00 BsS.	330.00 BsS.	Editar	Eliminar
Hilo 40/20 para Costuras Livianas	1.00 Unidades	188.00 BsS.	188.00 BsS.	Editar	Eliminar
Hilo Un cabo para Costura Overlock	1.00 Unidades	58.00 BsS.	58.00 BsS.	Editar	Eliminar
Total			62,536.00 BsS.		

Página 1 de 1

Figura 15 – Gestión de formulación de producto seleccionado

Fuente: Miguel Gallo (2019)

Fecha	Tipo	Producto	Unidades	Cantidad	Acciones
01/10/2019	Entradas	Denim 14 Ocasos Azul indigo, 170 cm ancho, 100% algodón	Materia prima	100.00 Mts.	[Editar] [Eliminar]
01/10/2019	Entradas	Denim Fashion Azul indigo, 160 cm ancho	Materia prima	100.00 Mts.	[Editar] [Eliminar]
01/10/2019	Entradas	Denim Fashion Blanco, 160 cm ancho	Materia prima	100.00 Mts.	[Editar] [Eliminar]
01/10/2019	Entradas	Drill Boreas Plus Azul marino, 160 cm ancho, 35% algodón 65% poliéster	Materia prima	100.00 Mts.	[Editar] [Eliminar]
01/10/2019	Entradas	Drill Boreas Plus Blanco, 160 cm ancho, 35% algodón 65% poliéster	Materia prima	100.00 Mts.	[Editar] [Eliminar]
01/10/2019	Entradas	Fabrics Blanco, 150 cm ancho	Materia prima	30.00 Mts.	[Editar] [Eliminar]
01/10/2019	Entradas	Ferns Boreas Blanco, 160 cm ancho	Materia prima	30.00 Mts.	[Editar] [Eliminar]
01/10/2019	Entradas	Ferns Maple Blanco, 150 cm ancho	Materia prima	20.00 Mts.	[Editar] [Eliminar]
01/10/2019	Entradas	Oxford Aleman Azul celeste, 150 cm ancho, 70% algodón 30% poliéster	Materia prima	100.00 Mts.	[Editar] [Eliminar]
01/10/2019	Entradas	Oxford Aleman Blanco, 150 cm ancho, 70% algodón 30% poliéster	Materia prima	100.00 Mts.	[Editar] [Eliminar]

Figura 16 – Gestión de operaciones de inventario

Fuente: Miguel Gallo (2019)

Nombre	Unidades	Nombre	Cantidad	Gainancia
Denim 14 Ocasos Azul indigo, 170 cm ancho, 100% algodón	100.00 Metros	Camisas para Caballero modelo Boston Azul celeste, Tela Oxford Aleman	0	0.00 \$/U
Denim Fashion Azul indigo, 160 cm ancho	100.00 Metros	Camisas para Caballero modelo Boston Azul celeste, Tela Oxford Brasil	0	0.00 \$/U
Denim Fashion Blanco, 160 cm ancho	100.00 Metros	Camisas para Caballero modelo Boston Blanco, Tela Oxford Aleman	0	0.00 \$/U
Drill Boreas Plus Azul marino, 160 cm ancho, 35% algodón 65% poliéster	100.00 Metros	Camisas para Caballero modelo Boston Blanco, Tela Oxford Brasil	0	0.00 \$/U
Drill Boreas Plus Blanco, 160 cm ancho, 35% algodón 65% poliéster	100.00 Metros	Camisas para Caballero modelo Golf Analdio Azul celeste, Tela Oxford Aleman	0	0.00 \$/U
Fabrics Blanco, 150 cm ancho	30.00 Metros	Camisas para Caballero modelo Golf Analdio Azul celeste, Tela Oxford Brasil	22	3,369,854.10 \$/U
Ferns Boreas Blanco, 160 cm ancho	30.00 Metros	Camisas para Caballero modelo Golf Analdio Blanco, Tela Oxford Aleman	0	0.00 \$/U
Ferns Maple Blanco, 150 cm ancho	20.00 Metros	Camisas para Caballero modelo Golf Analdio Blanco, Tela Oxford Brasil	0	0.00 \$/U
Oxford Aleman Azul celeste, 150 cm ancho, 70% algodón 30% poliéster	100.00 Metros	Camisas para Caballero modelo Golf Analdio Blanco, Tela Oxford Aleman	0	0.00 \$/U
Oxford Aleman Blanco, 150 cm ancho, 70% algodón 30% poliéster	100.00 Metros	Camisas para Caballero modelo Golf Analdio Blanco, Tela Oxford Brasil	0	0.00 \$/U
Oxford Brasil Azul celeste, 160 cm ancho, 80% algodón 20% poliéster	100.00 Metros	Camisas para Caballero modelo Golf Orlando Azul celeste, Tela Oxford Aleman	0	0.00 \$/U
Oxford Brasil Blanco, 160 cm ancho, 80% algodón 20% poliéster	100.00 Metros	Camisas para Caballero modelo Golf Orlando Azul celeste, Tela Oxford Brasil	0	0.00 \$/U
Oxford Brasil Blanco, 160 cm ancho, 80% algodón 20% poliéster	100.00 Metros	Camisas para Caballero modelo Golf Orlando Blanco, Tela Oxford Aleman	0	0.00 \$/U
Oxford Brasil Blanco, 160 cm ancho, 80% algodón 20% poliéster	100.00 Metros	Camisas para Caballero modelo Golf Orlando Blanco, Tela Oxford Brasil	27	4,234,659.13 \$/U
Boton Avilice Azul marino, 2 huecos, Tamaño 18	300.00 Unidades	Camisas para Caballero modelo New York Azul celeste, Tela Oxford Aleman	0	0.00 \$/U
Boton Avilice Blanco peralte, 4 huecos, Tamaño 18	300.00 Unidades	Camisas para Caballero modelo New York Azul celeste, Tela Oxford Brasil	0	0.00 \$/U
Boton Avilice Blanco peralte, 4 huecos, Tamaño 28	300.00 Unidades	Camisas para Caballero modelo New York Blanco, Tela Oxford Aleman	0	0.00 \$/U
Boton Avilice Gris, Peralte de caballero	300.00 Unidades	Camisas para Caballero modelo New York Blanco, Tela Oxford Brasil	0	0.00 \$/U
Boton Avilice Gris, Peralte de dama	300.00 Unidades	Camisas para Caballero modelo PagaCo Azul marino, Tela Drill Boreas Plus	0	0.00 \$/U
Boton Avilice Transparente, 2 huecos, Tamaño 24	300.00 Unidades	Camisas para Caballero modelo PagaCo Blanco, Tela Drill Boreas Plus	0	0.00 \$/U
Cera Metalico Azul marino, Dieste #1, 13 cm	100.00 Unidades	Pantalones para Caballero modelo Boreas Blanco, Tela Drill Boreas Plus	0	0.00 \$/U
Cera Metalico Azul marino, Dieste #1, 15 cm	100.00 Unidades	Pantalones para Caballero modelo Boreas Blanco, Tela Drill Boreas Plus	0	0.00 \$/U
Cera Metalico Azul marino, Dieste #1.5, 13 cm	100.00 Unidades	Pantalones para Dama modelo Marie Blanco, Tela Denim Fashion	27	2,735,325.12 \$/U
Cera Metalico Azul marino, Dieste #1.5, 15 cm	100.00 Unidades	Pantalones para Dama modelo Marie Blanco, Tela Denim Fashion	73	7,438,768.44 \$/U
Cera Metalico Azul marino, Dieste #1.5, 17 cm	100.00 Unidades	Pantalones para Caballero modelo PagaCo Azul marino, Tela Drill Boreas Plus	0	0.00 \$/U
Cera Metalico Azul marino, Dieste #1.5, 19 cm	100.00 Unidades	Pantalones para Caballero modelo PagaCo Blanco, Tela Drill Boreas Plus	0	0.00 \$/U
Cera Metalico Azul marino, Dieste #1.5, 21 cm	100.00 Unidades	Pantalones para Caballero modelo PagaCo Blanco, Tela Drill Boreas Plus	0	0.00 \$/U
Cera Metalico Azul marino, Dieste #1.5, 23 cm	100.00 Unidades	Pantalones para Caballero modelo Texas Azul indigo, Tela Denim 14 Ocasos	0	0.00 \$/U
Cera Metalico Azul marino, Dieste #1.5, 25 cm	100.00 Unidades	Batas Unisex modelo 265, Blanco, Tela Popelina Dacron 265	0	0.00 \$/U
Cera Metalico Azul marino, Dieste #1.5, 27 cm	100.00 Unidades	Batas Unisex modelo 265, Blanco, Tela Popelina Dacron 265	0	0.00 \$/U
Cera Metalico Azul marino, Dieste #1.5, 29 cm	100.00 Unidades	Batas Unisex modelo 265, Blanco, Tela Popelina Dacron 265	0	0.00 \$/U
Cera Metalico Azul marino, Dieste #1.5, 31 cm	100.00 Unidades	Batas Unisex modelo 265, Blanco, Tela Popelina Dacron 265	0	0.00 \$/U
Cera Metalico Azul marino, Dieste #1.5, 33 cm	100.00 Unidades	Batas Unisex modelo 265, Blanco, Tela Popelina Dacron 265	0	0.00 \$/U
Cera Metalico Azul marino, Dieste #1.5, 35 cm	100.00 Unidades	Batas Unisex modelo 265, Blanco, Tela Popelina Dacron 265	0	0.00 \$/U
Cera Metalico Azul marino, Dieste #1.5, 37 cm	100.00 Unidades	Batas Unisex modelo 265, Blanco, Tela Popelina Dacron 265	0	0.00 \$/U
Cera Metalico Azul marino, Dieste #1.5, 39 cm	100.00 Unidades	Batas Unisex modelo 265, Blanco, Tela Popelina Dacron 265	0	0.00 \$/U

Figura 17 – Planificación de la producción

Fuente: Miguel Gallo (2019)

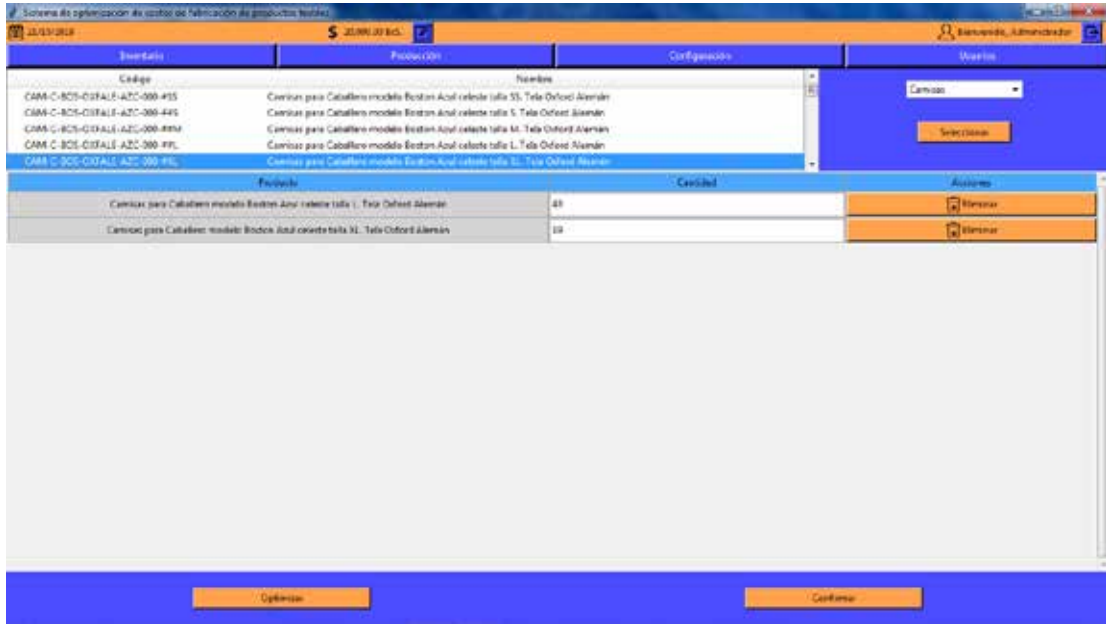


Figura 18 – Generar nueva orden de producción

Fuente: Miguel Gallo (2019)

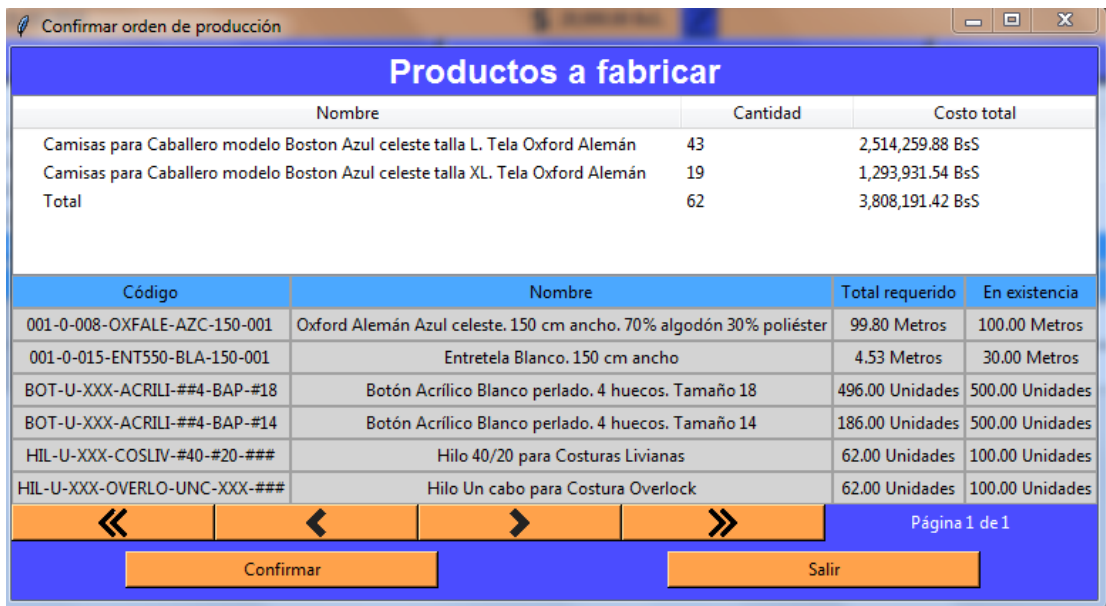


Figura 19 – Confirmar generación de orden de producción

Fuente: Miguel Gallo (2019)

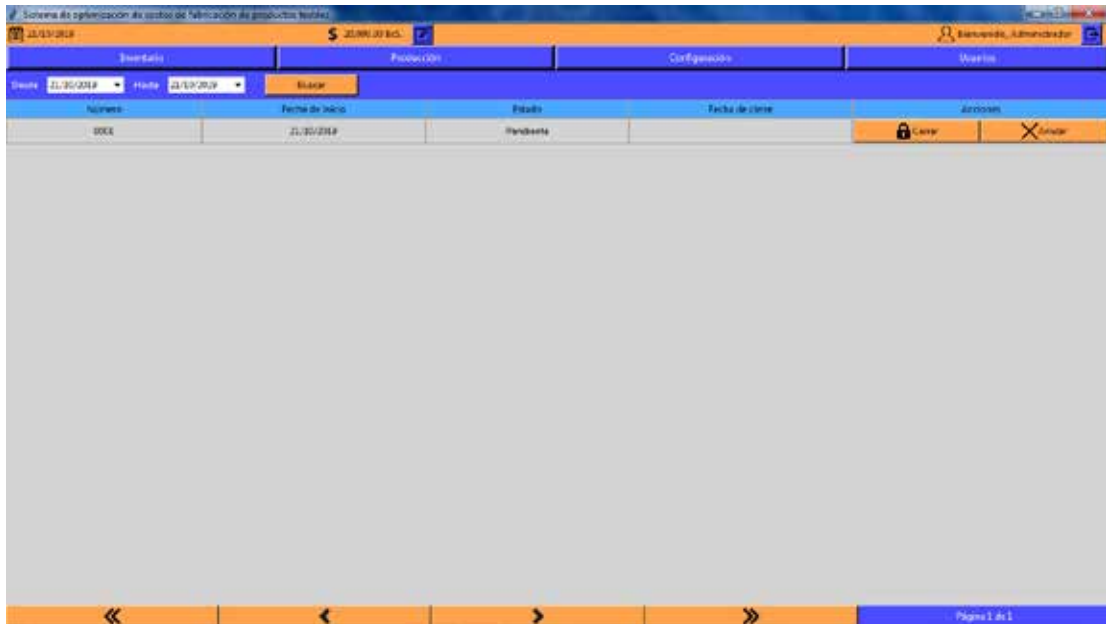


Figura 20 – Gestión de órdenes de producción generadas

Fuente: Miguel Gallo (2019)

Nombre	Cantidad	Costo total
Camisas para Caballero modelo Boston Azul celeste talla XL. Tela Oxford Alemán	19	1,293,931.54 BsS
Camisas para Caballero modelo Boston Azul celeste talla L. Tela Oxford Alemán	43	2,514,259.88 BsS
Total	62	3,808,191.42 BsS

Código	Nombre	Total	En existencia
001-0-008-OXFALE-AZC-150-001	Oxford Alemán Azul celeste. 150 cm ancho. 70% algodón 30% poliéster	99.80 Metros	100.00 Metros
001-0-015-ENT550-BLA-150-001	Entretela Blanco. 150 cm ancho	4.53 Metros	30.00 Metros
BOT-U-XXX-ACRILI-##4-BAP-#18	Botón Acrílico Blanco perlado. 4 huecos. Tamaño 18	496.00 Unidades	500.00 Unidades
BOT-U-XXX-ACRILI-##4-BAP-#14	Botón Acrílico Blanco perlado. 4 huecos. Tamaño 14	186.00 Unidades	500.00 Unidades
HIL-U-XXX-COSLIV-#40-#20-###	Hilo 40/20 para Costuras Livianas	62.00 Unidades	100.00 Unidades
HIL-U-XXX-OVERLO-UNC-XXX-###	Hilo Un cabo para Costura Overlock	62.00 Unidades	100.00 Unidades

Figura 21 – Cerrar orden de producción

Fuente: Miguel Gallo (2019)

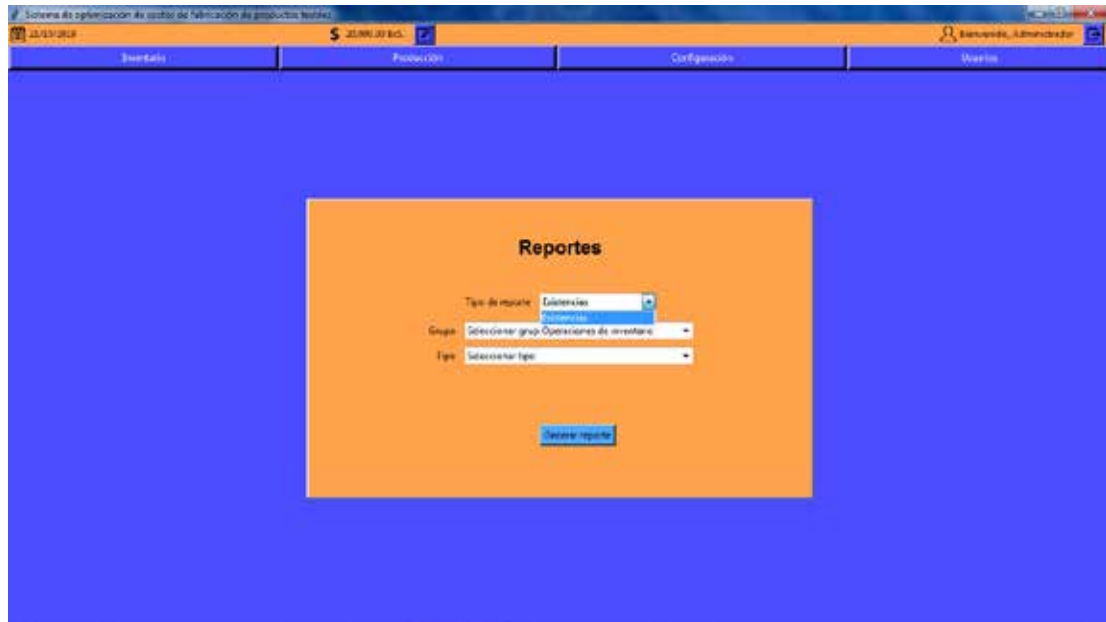


Figura 22 – **Generación de reportes**

Fuente: Miguel Gallo (2019)

4.3.3. Ejecución del plan de pruebas

Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema ante distintas situaciones, se realizó una serie de pruebas funcionales para evaluar el comportamiento de los módulos principales del sistema según las entradas de datos realizadas por el usuario.

Tabla 1 – **Caso de prueba N°1**

Programa: Sistema de optimización de costos. Módulo Producción
Estrategia de prueba: prueba de caja blanca
Técnica de prueba: Optimizar planificación de producción
Resultados: para los casos de los productos que contienen cierres en su formulación, al clasificar dichos productos por tallas se toma el cierre con la medida incorrecta.
Decisión: implementar una estructura condicional que valide la clasificación de la materia prima ya sea por unidades requeridas o por medida utilizada.

Fuente: Miguel Gallo (2019)

Tabla 2 – **Caso de prueba N°2**

Programa: Sistema de optimización de costos. Módulo Producción
Estrategia de prueba: prueba de caja negra
Técnica de prueba: Generar valores óptimos para orden de producción
Resultados: valores óptimos generados correctamente
Decisión: continuar con las siguientes pruebas

Fuente: Miguel Gallo (2019)

Tabla 3 – **Caso de prueba N°3**

Programa: Sistema de optimización de costos. Módulo Producción
Estrategia de prueba: prueba de caja negra
Técnica de prueba: Cerrar orden de producción
Resultados: salida de materia prima y entrada de productos a inventario exitosa
Decisión: continuar con las siguientes pruebas

Fuente: Miguel Gallo (2019)

CONCLUSIONES

Las empresas manufactureras deben mantener una frecuencia constante de producción debido a la alta demanda de pedidos por parte de los clientes y a la necesidad de mantener su rentabilidad con el paso del tiempo. Para ésta última, resulta beneficioso realizar planificaciones constantes según la disponibilidad de materia prima y la ganancia por cada tipo de producto fabricado.

Los modelos matemáticos son una buena herramienta para plantear y optimizar funciones y variables respetando una serie de restricciones establecidas, además de acelerar el proceso de planificación, permitiendo una mayor eficiencia y beneficios en el proceso productivo de la empresa.

Debido a que en la práctica resulta difícil mantener una precisión exacta en cuanto al consumo de materia prima y el número de productos fabricados en un orden, los modelos matemáticos proporcionan una solución que sirve como referencia para aproximarse a la ganancia óptima.

El sistema de optimización de costos es una rápida implementación de los modelos matemáticos correspondientes, debido a la fluctuación de las variables y restricciones por cada orden de producción. Por tanto, el sistema ahorra una cantidad de tiempo considerable en el proceso de planificación, de modo que la empresa pueda realizar una toma de decisiones más acelerada para aprovechar al máximo sus ganancias y cumplir con las necesidades de forma eficaz y eficiente.

RECOMENDACIONES

Para la implementación en otros tipos de empresas y mejorar el funcionamiento de sistema, se plantean las siguientes recomendaciones:

- Extender el funcionamiento del sistema para no restringirlo únicamente a la manufactura de textiles, y así poder implementarse en cualquier tipo de empresa para cualquier tipo de producto.
- Implementar un manejo de cotizaciones y pedidos para clientes, para que el sistema pueda obtener referencias y mejorar los resultados para la toma de decisiones de la empresa.

REFERENCIAS

Fuentes bibliográficas

- Arias, Fideas (2006). **El proyecto de investigación: introducción a la metodología científica**. Caracas: Episteme. 5ta edición.
- Bavaresco, Aura (2006). **Proceso metodológico en la investigación (cómo hacer un diseño de investigación)**. Maracaibo: Ediluz. 5ta edición.
- Bermúdez L. y Garzón A. (2016). **Desarrollo de un modelo de optimización para la localización de centros de distribución multiproducto considerando el cálculo de área**. Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Cuesta, Marcelino (2009). **Introducción al muestreo**. España: Universidad de Oviedo.
- Figueira, Dayana (2014). **Desarrollo y aplicación de un modelo de costos para toma de decisiones gerenciales de comercialización en empresas manufactureras del sector metalmecánico en Venezuela**. Venezuela: Universidad Católica Andrés Bello.
- Méndez, Carlos (2006). **Metodología: diseño y desarrollo del proceso de investigación con énfasis en ciencias empresariales**. Bogotá: Limusa.
- Sabino, Carlos (2002). **El proceso de investigación**. Caracas: Panapo.
- Sánchez, Santiago (2015). **Control de inventarios mediante programación lineal en la empresa La Fortaleza Cía. Ltda.** Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Taha, Hamdy (2012). **Investigación de operaciones**. México: Pearson Educación. 9na edición.

Fuentes electrónicas

- Desarrollo Web (2003). **Qué es Python**. Disponible en: <https://desarrolloweb.com/articulos/1325.php>.
- Desarrollo Web (2003). **Qué es Python**. Disponible en: <https://desarrolloweb.com/articulos/499.php>.

- Gestiópolis (2013). **Investigación de operaciones, qué es, historia y metodología.** Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/investigacion-de-operaciones-que-es-historia-y-metodologia>.
- Google Sites. **Método de la M grande.** Disponible en: <https://sites.google.com/site/metodosdeprogramacionlinealdan/metodo-de-la-m-grande>.
- Investigación de Operaciones. **Modelos de programación lineal.** Disponible en: http://www.investigaciondeoperaciones.net/programacion_lineal.html.
- Montero, Darwin (2009). **Investigación de operaciones.** Monografias.com. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos70/investigacion-operaciones/investigacion-operaciones.shtml>.
- PHPSimplex (2006). **Teoría del método simplex.** Disponible en: http://www.phpsimplex.com/teoria_metodo_simplex.htm.
- Roldán, Paula (2019). **Modelo matemático.** Economipedia. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/modelo-matematico.html>.
- Salazar, Bryan (2016). **Dualidad en programación lineal.** Ingeniería Industrial. Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/investigaci%C3%B3n-de-operaciones/dualidad-en-programaci%C3%B3n-lineal>.
- Salazar, Bryan (2016). **Programación lineal.** Ingeniería Industrial. Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/investigaci%C3%B3n-de-operaciones/programaci%C3%B3n-lineal>.
- Rómmel, Filein. **SQLite: La Base de Datos Embebida.** SG Revista #17. Disponible en: <https://sg.com.mx/revista/17/sqlite-la-base-datos-embebida>
- Textiles.** Disponible en: <https://proyectotecnologia3a.weebly.com>.
- Vila, Juan (2018). **¿Sabes cómo funciona XP?** Management Plaza. Disponible en: <https://managementplaza.es/blog/sabes-como-funciona-xp/>.