



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**ANÁLISIS DE CAUSAS DENTRO DEL ÁREA DE TINTORERÍA QUE GENERAN
INCUMPLIMIENTO EN ENTREGAS DE PRODUCTO TERMINADO**

Jorge Amilcar Castellanos Solares

Asesorado por el Ing. Oscar Enrique Tecún Jiménez

Guatemala, octubre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE CAUSAS DENTRO DEL ÁREA DE TINTORERÍA QUE
GENERAN INCUMPLIMIENTO EN ENTREGAS DE PRODUCTO TERMINADO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JORGE AMILCAR CASTELLANOS SOLARES
ASESORADO POR EL ING. OSCAR ENRIQUE TECÚN JIMÉNEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

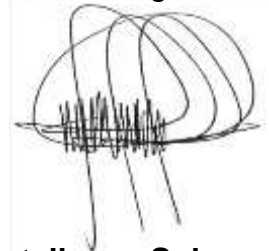
DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Alberto Eulalio Hernández García
EXAMINADOR	Ing. Aldo Ozaeta Santiago
EXAMINADOR	Ing. Selvin Estuardo Joachin Juárez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS DE CAUSAS DENTRO DEL ÁREA DE TINTORERÍA QUE GENERAN INCUMPLIMIENTO EN ENTREGAS DE PRODUCTO TERMINADO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 25 de julio de 2018.



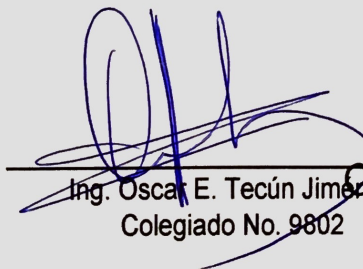
Jorge Amílcar Castellanos Solares

Guatemala 30 de Mayo del 2020

Ingeniero
Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Director de la Escuela Mecánica industrial
Facultad de ingeniería
Universidad San Carlos de Guatemala

Por este medio, como Catedrático Asesor de Jorge Amílcar Castellanos Solares, carnet No. 2008- 17368 CUI 2496-28848-0101, en su trabajo de graduación titulado **“Análisis de causas dentro del área de tintorería que generan incumplimiento en entregas de producto terminado”**, manifiesto conformidad en la estructura y contenido del mismo, por lo que no tengo objeción alguna para la aprobación de dicho trabajo de graduación.

Sin otro particular:


Ing. Oscar E. Tecún Jiménez
Colegiado No. 9802
Oscar Tecún
Ingeniero Industrial
Col. 9802



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.REV.EMI.069.021

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS DE CAUSAS DENTRO DEL ÁREA DE TINTORERÍA QUE GENERAN INCUMPLIMIENTO EN ENTREGAS DE PRODUCTO TERMINADO**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Amílcar Castellanos Solares**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
— COLEGIADO ACTIVO 6182

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, junio de 2021.

/mgp



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.DIR.EMI.114.021

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ANÁLISIS DE CAUSAS DENTRO DEL ÁREA DE TINTORERÍA QUE GENERAN INCUMPLIMIENTO EN ENTREGAS DE PRODUCTO TERMINADO**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Amilcar Castellanos Solares**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Firmada digitalmente por Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Motivo: Ingeniero Industrial
Ubicación: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería
Mecánica Industrial, USAC
Colegiado 4,272

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2021.

/mgp



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

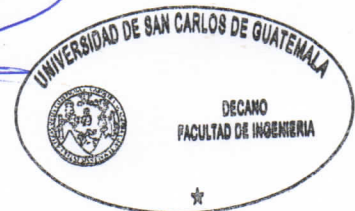
Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101 - 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

DTG. 585.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS DE CAUSAS DENTRO DEL ÁREA DE TINTORERÍA QUE GENERAN INCUMPLIMIENTO EN ENTREGAS DE PRODUCTO TERMINADO**, presentado por el estudiante universitario: **Jorge Amilcar Castellanos Solares**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, octubre de 2021

AACE/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por el fiel cumplimiento de sus promesas, fuente de inspiración y motivación.
Mis padres	Blanca Rosa Solares Valenzuela y Jorge Amilcar Castellanos Rodríguez. Por su incondicional apoyo y sacrificio para lograr esta meta.
Mis hermanas	Blanca Victoria y Berta Abelina Castellanos. Por su apoyo y motivación.
Mi familia	Melanie Méndez y Lili Castellanos. Por su incondicional apoyo en todo momento.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por marcar el rumbo de mi vida académica y profesional.
Facultad de Ingeniería	Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
Lcda. Melisa Jiménez	Por su apoyo y motivación para culminar mis proyectos.
Ing. Oscar Tecún	Por su asesoría para culminar este trabajo de graduación.
Ing. Nelson Rodríguez	Por su apoyo en la realización de este trabajo de graduación.
Mis amigos	Héctor López y Emilio Chiu por su apoyo y acompañamiento durante la carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Teñido de textiles	1
1.2. Proceso de tintura	1
1.3. Tintura por agotamiento.....	2
1.3.1. Etapas del proceso de tintura	3
1.3.1.1. Preparación de la tela.....	3
1.3.1.2. Adición de colorantes	3
1.3.1.3. Fijación de colorante.....	4
1.3.1.4. Lavado.....	4
1.3.2. Etapas de la molécula de colorante.....	4
1.3.2.1. Migración	5
1.3.2.2. Difusión.....	5
1.3.2.3. Adsorción.....	5
1.3.2.4. Fijación	5
1.4. Auxiliares de teñido de textiles	5
1.4.1. Agentes humectantes	6
1.4.2. Dispersantes y coloides de protección	7
1.4.3. Agentes de nivelación.....	7
1.4.4. Reguladores de pH.....	7

1.4.5.	Aceleradores de teñido	7
2.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	9
2.1.	Diagrama de flujo	9
2.2.	Proceso de plisado.....	10
2.2.1.	Desempacado	10
2.2.2.	Costura.....	11
2.2.3.	Plisado.....	11
2.2.4.	Identificación de <i>batch</i>	11
2.2.5.	Ubicación.....	12
2.3.	Proceso de teñido	12
2.3.1.	Transporte	12
2.3.2.	Verificación de información	12
2.3.3.	Carga de máquina.....	13
2.3.4.	Proceso de tintura	14
2.3.4.1.	Fibras naturales.....	15
2.3.4.1.1.	Pretratamiento.....	15
2.3.4.1.2.	Neutralizado	15
2.3.4.1.3.	Teñido de fibra	15
2.3.4.1.4.	Neutralizado	16
2.3.4.1.5.	Jabonado	16
2.3.4.2.	Fibras sintéticas	16
2.3.4.2.1.	Pretratamiento.....	16
2.3.4.2.2.	Teñido de fibra	17
2.3.4.2.3.	Enfriado.....	17
2.3.4.2.4.	Lavado reductivo.....	17
2.3.4.2.5.	Químicos especiales	18
2.3.4.3.	Mezclas	18
2.3.5.	Verificación de color	18

2.3.6.	Descarga	19
2.3.7.	Centrifugado	20
2.3.8.	Abridora	21
2.3.9.	Acabado	22
3.	ANÁLISIS DE VARIABLES	23
3.1.	Diagrama Ishikawa de variables de proceso	23
3.2.	Mano de obra	24
3.2.1.	Capacitación de los colaboradores.....	25
3.2.1.1.	Inducción de colaboradores al área de tintorería.....	26
3.2.1.2.	Adiestramiento en uso de maquinaria	27
3.2.2.	Mala comunicación entre cambios de turno	27
3.2.3.	Intervenciones del operador	28
3.2.3.1.	Adición de químicos.....	28
3.2.3.2.	Falta de atención a máquinas en cambio de lote	29
3.2.3.3.	Descuidos del operador	30
3.3.	Materia prima y materiales	31
3.3.1.	Tela en crudo.....	31
3.3.1.1.	Defectos de tela en crudo.....	32
3.3.1.1.1.	Líneas de aguja	32
3.3.1.1.2.	Manchas de aceite	33
3.3.1.1.3.	Agujeros	33
3.3.1.1.4.	Piquetes	34
3.3.1.1.5.	Contaminación.....	35
3.3.1.2.	Variación del peso de los rollos de tela.....	36

3.3.1.3.	Cambios de lote de hilo en el mismo <i>batch</i>	37
3.3.2.	Químicos auxiliares	37
3.3.2.1.	Calidad de los químicos	39
3.3.3.	Agua	40
3.3.3.1.	Calidad del agua	40
3.3.3.2.	Suministro de agua	40
3.3.4.	Energía eléctrica	41
3.4.	Maquinaria	43
3.4.1.	Descripción del equipo	43
3.4.1.1.	Fallas comunes de la maquinaria	44
3.4.1.2.	Mantenimiento	45
3.4.1.2.1.	Mantenimiento preventivo	49
3.4.1.2.2.	Mantenimiento correctivo	51
3.5.	Planificación	51
3.5.1.	Inventario de materia prima en planta	56
3.5.2.	Materiales	58
3.5.2.1.	Químicos auxiliares	58
3.5.2.2.	Colorantes	60
3.5.3.	Urgencias	60
3.5.3.1.	Pedidos de último momento	60
3.5.3.2.	Solicitudes atrasadas	61
3.5.4.	Sistema OrgaTex	61
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	65
4.1.	Mano de obra	65
4.1.1.	Impacto en cumplimiento	65

4.1.2.	Demora y costo.....	66
4.2.	Materia prima y materiales	66
4.2.1.	Impacto en cumplimiento.....	67
4.2.2.	Demora y costo.....	67
4.3.	Maquinaria.....	68
4.3.1.	Impacto en cumplimiento.....	68
4.3.2.	Demora y costo.....	68
4.4.	Planificación	69
4.4.1.	Impacto en cumplimiento.....	70
4.4.2.	Demora y costo.....	70
4.5.	Comparativa de variables.....	70
4.5.1.	Variable crítica.....	71
5.	MEJORA DEL PROCESO.....	73
5.1.	Pronóstico de producción	73
5.1.1.	Comparativa de costo.....	81
5.2.	Responsables de la implementación	83
5.3.	Control.....	83
	CONCLUSIONES	85
	RECOMENDACIONES.....	87
	BIBLIOGRAFÍA.....	89
	ANEXOS.....	93

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diagrama de flujo del proceso.....	9
2.	Tela empacada.....	10
3.	Máquina de teñido.....	13
4.	Circuito de tela.....	14
5.	Redina de descarga.....	19
6.	Centrífuga.....	20
7.	Abridora.....	21
8.	Equipo de acabados rama.....	22
9.	Diagrama Ishikawa.....	23
10.	Puntuación promedio	26
11.	Olla de adición.....	29
12.	Tela en crudo extraída de máquina.....	31
13.	Ejemplo de línea de aguja.....	32
14.	Ejemplo de manchas de aceite	33
15.	Ejemplo de agujeros.....	34
16.	Ejemplo de piquetes.....	35
17.	Ejemplo de contaminación	36
18.	Comportamiento de suministro eléctrico	42
19.	Gráfico de detalle de fallas detectadas	47
20.	Diagrama de Pareto de fallas detectadas.....	48
21.	<i>Check list</i> de mantenimiento preventivo de teñidoras.	50
22.	Gráfico de históricos de producción	53
23.	Gráfico comparativo de producción.....	56

24.	Interface de sistema OrgaTex.....	62
25.	Información de proceso.....	63
26.	Gráfico comparativo de variables de proceso	72

TABLAS

I.	Requerimientos básicos de contratación	24
II.	Puntuación promedio	25
III.	Cantidad de químicos para teñir tela polyester	38
IV.	Cantidad de químicos para teñir tela algodón	38
V.	Cantidad de químicos para teñir mezclas	39
VI.	Cantidad de químicos para lavado de máquina	39
VII.	Suministro mensual de energía eléctrica	42
VIII.	Listado de máquinas teñidoras	44
IX.	Detalle de fallas detectadas	46
X.	Fallas comunes de teñidoras	48
XI.	Datos históricos de producción	52
XII.	Históricos de producción de algodón	54
XIII.	Históricos de producción de polyester	54
XIV.	Históricos de producción de mezclas.....	55
XV.	Históricos de lavados realizados.....	55
XVI.	Inventario de químicos sin uso en bodega.....	57
XVII.	Inventario de químicos de línea en bodega	59
XVIII.	Cálculo de demora y costo en mano de obra.....	66
XIX.	Cálculo de demora y costo en materia prima y materiales.....	67
XX.	Cálculo de demora y costo en maquinaria	69
XXI.	Cálculo de demora y costo en planificación	70
XXII.	Comparativa de variables	71
XXIII.	Suavizado exponencial	74

XXIV.	Requerimiento anual proyectado.....	75
XXV.	Políticas de pedido.....	76
XXVI.	Cálculo de variables cuantitativas	79
XXVII.	Cantidad en kg de Existencia vs. Existencia 2	80
XXVIII.	Costo de Existencia vs. Existencia 2.....	82

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Qopt	Cantidad óptima
α	Constante de alisado
DAM	Desviación absoluta media
Rss	Diferencia entre tiempo más tardío y promedio
°C	Grados Celsius
hrs	Horas
LTC	Línea teórica de consumo
m	Metro
m^2	Metro cuadrado
min	Minuto
N.R.	Nivel de reorden
Nmax	Nivel máximo
%	Porcentaje
pH	Potencial de hidrógeno
Rnr	Promedio de entregas
RPM	Revoluciones por minuto
S.S.	Stock de seguridad
Σ	Sumatoria
Rnmax	Tiempo de almacenamiento

GLOSARIO

Acabado	Proceso de secado, suavizado y compactado de tela.
Alargamiento	Desviación del tiempo esperado de procesamiento.
Aniónico	Cargado negativamente.
Antimicrobial	Agente que mata microorganismos o detiene su crecimiento.
Baño de tintura	Medio en el cual se realizan las reacciones químicas en el proceso de teñido.
<i>Batch</i>	Lote de producción.
<i>Check List</i>	Listado de actividades.
Colorante disperso	Colorante de moléculas pequeñas que se adhiere a la tela por medio de procesos físicos.
Colorante reactivo	Colorante que se enlaza a la fibra textil y se fija reaccionando químicamente.
Crudo	Tela extraída de máquina de tejido sin realizarle ninguna clase de proceso extra.

Descrude	Proceso de preparación de tela eliminando impurezas y aceites previo al teñido.
Dureza del agua	Concentración de minerales que se encuentran en determinada cantidad de agua.
Espectrofotómetro	Aparato que sirve para medir la cantidad de luz absorbida, se utiliza para la medición y análisis de color.
Gradiente	Variación de temperatura respecto al tiempo.
Hidrofilidad	Afinidad al agua o capacidad de absorción.
Hidrotrópico	Agente que favorece la afinidad al agua.
Inconformidad	Condición fuera de estándares que presenta la tela.
Mezcla	Tejido conformado por una combinación de fibras naturales y sintéticas.
Oligómero	Molécula formada por varias unidades estructurales similares enlazadas en cantidad moderada.
Pilosidad	Defecto de la tela que presenta vellosidad.
Plisado	Proceso de ordenar la tela en pliegues.
Redina	Molinete o rodillo que transporta tela.

Reorden	Realizar una nueva solicitud.
Soda Ash	Polvo blanco, granular, empleado principalmente para eliminar la dureza del agua que se utilizará para la mezcla y elevar el pH.
Solubilizante	Agente que permite solubilizar un amplio rango de sustancias.
Stock	Recursos que se tienen disponibles en bodega.
Surfactante	Agente que actúa como detergente y permite la reducción de la tensión superficial en un líquido.
Tacto	Sensación al tacto que presenta la tela.
Tonalidad	Variación en la apreciación visual del color en la tela.
Trama	Sentido horizontal de la tela.
Urdimbre	Sentido vertical de la tela.
Wicking	Agente o aditivo que mejora la absorción.

OBJETIVOS

General

Analizar las causas dentro del área de tintorería que generan incumplimiento en entregas de producto terminado.

Específicos

1. Definir aspectos en la mano de obra que influyan en la operación de las máquinas.
2. Analizar la materia prima y materiales utilizados en el proceso que sean factores de potenciales variaciones en la operación de las máquinas.
3. Identificar posibles fallas de las máquinas de teñido que pueden ocasionar paros en su proceso.
4. Determinar las variables en la planificación de la producción que influyen en el costo y entrega del producto terminado.
5. Analizar las variables del proceso e identificar cual representa un mayor peso ponderante en el indicador de entregas de producto terminado.
6. Determinar el impacto económico que se genera en la planta cuando no se cumple con la fecha de entrega de producto terminado comprometida con el cliente.

7. Definir el curso de acción a tomar para disminuir la incidencia de incumplimientos de producto terminado con el cliente.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en Guatemala la industria textil está en constante crecimiento y la demanda por parte de los clientes aumenta en diferentes aspectos. El presente trabajo Análisis de causas dentro del área de tintorería que generan incumplimiento de entregas de producto terminado se constituye por el análisis de una serie de causas que den a conocer áreas de oportunidad y puntos de mejora dentro del proceso de teñido de textiles para mantener un porcentaje de cumplimiento con los clientes conforme a lo requerido por el mercado.

La industria textil es caracterizada por ser exigente en cuanto a la competitividad nacional e internacional, calidad y precio, el mercado requiere que sus proveedores sean confiables, ágiles, que trabajen con buena calidad y a precios bajos, por tal motivo el mantener la imagen y la confianza con el cliente es de vital importancia para ser competitivo, el factor clave para esto es el cumplimiento en entregas de producto terminado, la producción de productos textiles es una cadena en la cual todos los participantes deben cumplir con plazos de entrega muy cerrados y todos corren el riesgo de caer en penalizaciones si no son cumplidos.

Se busca impactar positivamente en el cumplimiento de productos terminados al cliente por medio de un análisis de las variables que afectan en proceso de teñido de la tela, desde la entrada de materia prima hasta tener el producto listo para despachar, y de esta manera generar acciones que impacten los aspectos de calidad que generan demoras en el cumplimiento, el proceso está influenciado por factores de planificación de producción, humanos, maquinaria y materia prima.

Por medio de la comparación cuantitativa del impacto de cada uno de los factores que intervienen en el proceso productivo se define la planificación de la producción como el que genera un impacto mayor en el indicador de cumplimiento con los clientes, específicamente en el tema de manejo de inventarios y materiales, esto lleva a generar un estudio de manejo de inventarios el cual permite controlar la materia prima y materiales de una manera óptima en busca de mejorar en cumplimiento en las entregas y reducir los costos.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Teñido de textiles

El teñido de textiles es un proceso que requiere diferentes químicos, colorantes y aditivos especiales conocidos como auxiliares de teñido. Estos materiales incrementan las propiedades de los productos terminados y mejora la calidad del teñido, la reproducibilidad, la suavidad, la firmeza, la textura, estabilidad dimensional, resistencia a la luz, al lavado acelerado, entre otros.

1.2. Proceso de tintura

Se entiende como tintura al proceso durante el cual una materia textil puesta en contacto con una solución o dispersión de un colorante absorbe a éste de tal forma que, la materia teñida tiene cierta resistencia por devolver al baño el colorante absorbido.

Por lo tanto, para que se produzca la tintura, debe existir una fijación del colorante a la materia textil, más o menos fuerte en función de las características fisicoquímicas del colorante y de la fibra a teñir.

La tintura se puede efectuar sobre la materia textil en cualquiera que sea su forma de presentación, es decir, se puede tintar directamente sobre la fibra o tintura de floca, antes de entrar en el proceso de fabricación, sobre hilo en cono o en madeja, sobre tejido o también sobre prenda ya confeccionada. Las fibras artificiales y sintéticas, pueden obtenerse coloreadas durante su proceso de fabricación, también llamado tintura en masa.

La elección del momento en el cual debe tintarse la materia textil obedece a criterios técnicos, de producción, económicos y a veces, de estrategia de mercado.

Así, si se tintan artículos confeccionados se pueden obtener prendas personalizadas o un número muy limitado de las mismas, siguiendo los dictámenes de la moda. También se pueden obtener productos con varios colores, únicamente por procesos de tintura, si se recurre a un diseño adecuado del mismo.

1.3. Tintura por agotamiento

En un proceso de tintura por agotamiento, el colorante se encuentra disuelto o disperso en un baño de tintura, de un volumen determinado, en función de la capacidad de la máquina.

Este baño de tintura está en contacto con la materia a teñir, que corresponderá a un peso determinado, también en función de la capacidad de la máquina de tintura.

En una tintura por agotamiento, el colorante existente en el baño de tintura, pasará a la materia textil en una cantidad mayor o menor, en función de las características del colorante, materia a teñir, máquina de tintura y proceso de tintura.

“Al final de la tintura, entre menos colorante quede en el baño mayor agotamiento tendremos.”¹

¹ SOLÉ CABANES, Antonio. *Concepto de tintura*, <https://asolengin.com/2016/04/procesos-de-tintura-por-agotamiento-e-impregnacion-3b3n.pdf>. Consulta: 10 de noviembre 2019.

1.3.1. Etapas del proceso de tintura

El proceso de tintura de textiles comprende una serie de transformaciones físicas y reacciones químicas que permiten la absorción y fijación de colorantes en el material textil pasando de un tejido de fibra en su estado natural a una tela teñida y acabada con características requeridas por el cliente final, lista para ser transformada en prendas de vestir.

1.3.1.1. Preparación de la tela

El proceso de teñido inicia por la preparación de la tela, este proceso se le llama descruce, este proceso consiste en sacar los aceites que se utilizan en la etapa de tejido, estos aceites son adicionados en la máquina de tejido para evitar fricción y fallas en la máquina, pero al mismo tiempo estos aceites perjudican el proceso de tintura generando manchas, por tal motivo deben ser removidos junto con las impurezas adheridas a las fibras naturales y a la tela para acondicionarla para las posteriores etapas de blanqueo o tintura.

Después del descruce la tela se enjuaga para preparar el baño para la tintura, este proceso se realiza con agua y químicos auxiliares como detergentes. La temperatura también juega un papel importante en el proceso de tintura ya que es la que genera el proceso de reacción de los colorantes dependiendo del tipo de tejido y fibras que se están teñiendo, el tiempo en que se generan las variaciones de temperatura es un factor muy importante en el proceso.

1.3.1.2. Adición de colorantes

El siguiente proceso es la adición de colorantes dependiendo de las fibras a teñir y los procesos a realizar, en los tejidos que están formados por mezclas

de fibras naturales y sintéticas se pueden generar procesos en los que solo te tiñe uno de los tipos de fibra o ambas fichas, dependiendo de los requerimientos del cliente para generar efectos especiales.

1.3.1.3. Fijación de colorante

El proceso más importante dentro del proceso de teñido es la fijación del color, en esta etapa el colorante se impregna en la tela y en este proceso se determina la calidad de la tela en cuanto a la solidez al lavado, este se realiza en un nuevo baño con agente fijador de color o por agotamiento, en este proceso las fuerzas de afinidad entre el colorante y la fibra hacen que el colorante pase del baño a la fibra hasta saturarla y quedar fijado a ella.

1.3.1.4. Lavado

Después del proceso de fijación se procede a agregar los químicos o acabados especiales según los requerimientos del cliente para posterior enjuague y descarga, cada una de estas características tiene un impacto directo en el tiempo de cola de cada teñida realizada.²

1.3.2. Etapas de la molécula de colorante

Durante el proceso de teñido, las fibras absorben el colorante en su interior, para que el colorante sea absorbido por la fibra debe pasar por diferentes etapas las cuales son:

²JUSTO, Juan B. *Proceso del teñido de telas*, <http://www.tintoreriamaldonado.com/el-proceso-del-tenido-de-telas>. Consulta: 12 de diciembre 2019.

1.3.2.1. Migración

Es el desplazamiento de las moléculas de colorante desde el baño o base líquida hacia la superficie de la fibra.

1.3.2.2. Difusión

Movimiento de la molécula de colorante, de la superficie de la fibra hacia el interior de la misma, La difusión del colorante se manifiesta exteriormente en la igualación, apariencia y uniformidad del material teñido.

1.3.2.3. Adsorción

Paso del colorante al interior de las fibras del material textil hasta lograr la saturación de las mismas.

1.3.2.4. Fijación

Etaa donde el colorante queda dentro de la fibra, llegado a este punto de fijación se puede decir que el colorante ha teñido la fibra y el proceso de tintura ha terminado, estando todas las moléculas de fibra enlazadas con moléculas de colorante.

1.4. Auxiliares de teñido de textiles

El teñido de textiles requiere el uso de colorantes, químicos y de varios productos especiales conocidos como auxiliares de teñido.

Estos materiales constituyen una parte integral de los procesos de teñido incrementando las propiedades de los productos terminados y mejorando la calidad del teñido, la suavidad, la firmeza, la textura, estabilidad dimensional, resistencia a la luz, al lavado, entre otros.

Los auxiliares del teñido forman un grupo muy heterogéneo de compuestos químicos, sin embargo, generalmente son surfactantes, compuestos inorgánicos, polímeros y oligómeros solubles en agua y agentes solubilizantes.

Los auxiliares más comerciales son preparaciones que contienen los agentes compuestos hidrotrópicos y solubilizantes del color, son empleados para disolver grandes cantidades de color en una pequeña cantidad de agua. Estos agentes incrementan la solubilidad debido a sus propiedades.

Algunos solventes son empleados en el teñido y estampado para lavar los residuos de color del equipo y aparatos empleados en el proceso. También algunos auxiliares empleados en el teñido continuo contienen solventes, agentes hidrotrópicos y surfactantes, no solamente por su habilidad para solubilizar el colorante, sino también para mejorar el proceso de fijado. Los productos comerciales suministrados para disolver los colores contienen mezclas de solventes, dispersantes y surfactantes. Los solventes y agentes hidrotrópicos son necesarios cuando se tiñe con los siguientes tipos de colores.

1.4.1. Agentes humectantes

El prerrequisito fundamental para un adecuado teñido en un baño acuoso es un completo remojo del textil, esto se logra por medio de agentes humectantes cuyo uso depende del proceso de teñido y de la naturaleza y condición del material a teñir.

1.4.2. Dispersantes y coloides de protección

Los colorantes insolubles en forma de dispersiones acuosas son empleados en varios procesos de teñido y estampado, por lo cual son necesarios los dispersantes en la preparación de los colorantes, ya que estabilizan el estado disperso con precisión durante su aplicación y pueden también prevenir que se precipite el colorante.

1.4.3. Agentes de nivelación

Los agentes de nivelación facilitan una distribución uniforme del colorante sobre el textil, para obtener tonalidades e intensidades de coloración uniformes. Estos agentes actúan reduciendo la velocidad del teñido, incrementando la velocidad de migración del colorante hacia el textil y mejorando la afinidad del color hacia las fibras.

1.4.4. Reguladores de pH

El pH influye sobre la absorción de los colorantes aniónicos hacia las fibras de lana o poliamida y en el fijado de los colores reactivos en las fibras de celulosa. Controlando el pH, es posible mejorar la coloración en la fase de absorción o para controlar la fijación del colorante cuando se tiñen mezclas de algodón-poliéster con colorantes reactivos o dispersos.

1.4.5. Aceleradores de teñido

“Los aceleradores del teñido son empleados en los procesos de teñido por agotamiento de fibras sintéticas, para incrementar la velocidad de absorción del

colorante hacia la fibra, proporcionando más rapidez de difusión dentro de la fibra y mejorando el rendimiento.”³

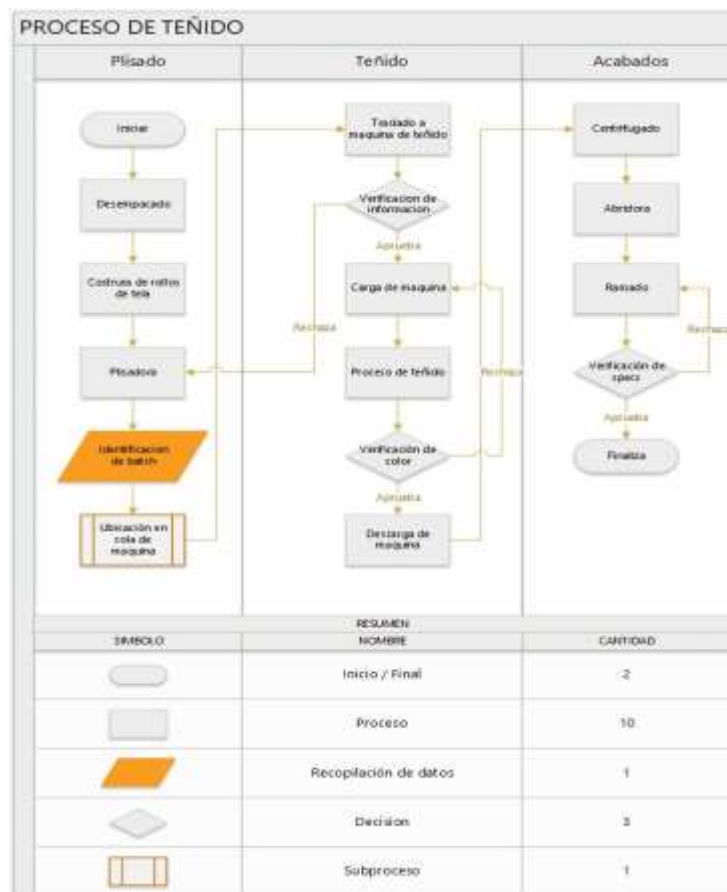
³ PEREZ JUSTO, Carlos. *Auxiliares químicos textiles*, www.scribd.com/document/128192939/Auxiliares-Quimicos-Textil, 2013. Consulta: 18 de octubre 2019.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

2.1. Diagrama de flujo

A continuación, se representa gráficamente el proceso de transformación en la tintorería.

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso.



Fuente: elaboración propia utilizando Visio.

2.2. Proceso de plisado

El proceso de plisado consiste en una serie de pasos que garantizan que el *batch* de producción este conformado por la materia prima correcta, este correctamente identificado y acondicionado para que sea cargado a la máquina de teñido de una manera adecuada conforme a la planificación de producción y según sea requerido por el Departamento de Tintorería.

2.2.1. Desempacado

La tela en crudo entra al proceso de plisado en paquetes de tela plegada, embolsada y etiquetada de forma individual, el desempacado consiste en sacar los paquetes de tela plegada de las bolsas, pesar cada rollo utilizando una báscula electrónica y verificar que cumpla con el estándar de peso definido en $25 \text{ kg} \pm 2$ y ordenarlos de forma secuencial respecto al protocolo de producción, el cual presenta un orden que se debe cumplir para seguir la trazabilidad de cada unidad de crudo.

Figura 2. **Tela empacada**



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en planta textil.

2.2.2. Costura

Cuando se tiene ordenadas las unidades de crudo según el protocolo de producción se procede a unir las por medio de costura, para este proceso se utiliza una máquina overlock marca brother, este proceso permite unificar el *batch* de producción en una serie de paquetes de crudo costurados de forma secuencial.

2.2.3. Plisado

Al momento de tener el *batch* como una serie continua de tela en crudo se procede a plisar, este paso consiste en transportar la tela por medio de rodillos a una velocidad controlada desde la base de la estructura de la máquina pasando por 3 rodillos que están a una altura de 2 m hasta una carreta equipada con ruedas del otro lado de la máquina, donde es recibida y dirigida por un operador de forma manual para que la tela se vaya depositando en la carreta formando pliegues, este paso es de vital importancia para la cadena del proceso ya que acondiciona la tela para evitar defectos como arrugas, quiebres y nudos.

2.2.4. Identificación de *batch*

Todos los lotes o *batch* de producción deben estar debidamente identificados por medio de una hoja de ruta amarrada al final de la tela, en este documento se detalla el tipo de tela, la mezcla del tejido, el peso del *batch* en kg, el peso de la tela en kg/m², el nombre y código de color en que se va teñir el lote, el cliente, las operaciones específicas de transformación, los químicos especiales que se deben adicionar y el número que identifica al *batch*, este paso es efectuado por el asistente de planificación apoyado por el jefe de desarrollos quien indica la forma correcta de procesamiento de cada tipo de tela.

2.2.5. Ubicación

Las carretas son ubicadas dependiendo de la máquina en la que serán procesadas, cada máquina tiene asignada un área donde se genera la cola de máquina formada por los lotes de producción por entrar a máquina, en esta área se ordenan las carretas de forma secuencial según lo indique el plan de producción.

2.3. Proceso de teñido

En esta etapa se inicia la gestión de los lotes de tela en crudo para proceder a teñirlos según la solicitud del cliente y la planificación de la producción, dentro de la planta es el principal proceso de transformación ya que representa el costo más alto y el que tiene una mayor cantidad de variables, se puede decir que la mayor cantidad de recurso técnico y económico está invertido en el proceso de teñido.

2.3.1. Transporte

Las carretas que contienen cada *batch* de tela son transportados por un operador empujando la unidad desde el área de cola de máquinas hasta la máquina destino, se hace de manera cuidadosa respetando el reglamento de seguridad industrial interno, tomando en cuenta el peso del lote y la inercia que genera.

2.3.2. Verificación de información

Antes de que un lote sea cargado a una máquina el operador maestro o supervisor de turno hace una revisión de la hoja de ruta, por medio de su

experiencia en tejidos hace una comparación entre la información del documento y las características físicas de la tela, posteriormente imprime la receta de teñido y certifica que el proceso, químicos y colorantes sean adecuados para la tela en cuestión y sean los requerido en la hoja de ruta de proceso conforme al color solicitado.

2.3.3. Carga de máquina

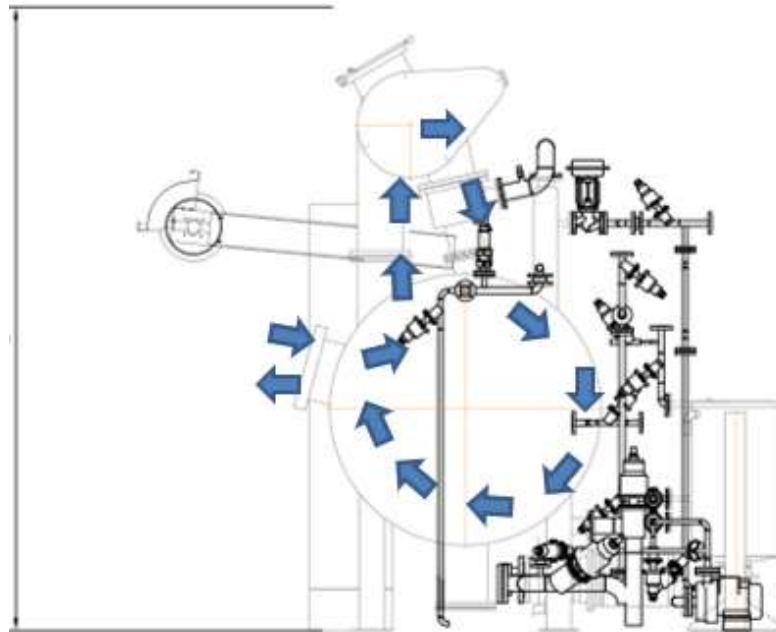
La operación de carga consiste en ingresar la tela a la máquina, este paso se hace metiendo la punta del *batch* a través de la escotilla de carga y trasladándolas a través del circuito de rotación interna haciéndolo llegar de nuevo a la escotilla de entrada, al terminar de cargar todo el lote se unen las dos puntas de la serie para que se forme un circuito de tela descrito en la Figura 3, que será movido dentro de la máquina por medio de un caudal producido por una bomba y una redina ubicada en la parte superior de la máquina acoplada a un motor eléctrico externo, generando así el período de teñido o velocidad de vuelta que representa el tiempo que tarda toda la tela en dar una vuelta al circuito dentro de la máquina.

Figura 3. Máquina de teñido



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en planta textil.

Figura 4. **Circuito de tela**



Fuente: Danitech engineering and solutions. *Danisample*. <https://www.danitech.it/campionatura-danisample>. Consulta: 18 de noviembre 2019.

2.3.4. Proceso de tintura

En proceso de tintura por agotamiento el colorante es agotado en el baño de tintura, es decir, que va del baño de tintura hacia la fibra textil, consecuentemente la concentración de colorante en el baño va disminuyendo mientras que en la fibra va aumentando hasta saturarla.

Para las fibras naturales como el algodón, el teñido por agotamiento se hace mediante un proceso de reacción química, mientras que para las fibras sintéticas como el poliéster es un proceso físico.

2.3.4.1. Fibras naturales

Las fibras naturales son las que tienen origen orgánico, pueden ser obtenidas de plantas o animales.

2.3.4.1.1. Pretratamiento

Este proceso consiste en la preparación de la tela para el teñido por medio de la modificación de propiedades físicas y químicas de la tela, generando así, las condiciones ideales para el agotamiento. Para teñido en colores claros el pretratamiento consiste en realizar un blanqueo químico de la fibra agregando peróxido de hidrógeno y soda cáustica al baño tintóreo. Para el teñido de colores oscuros se realiza un descruce utilizando detergente y soda cáustica.

2.3.4.1.2. Neutralizado

El neutralizado consiste en modificar el pH del baño tintóreo y llevarlo a valores entre 6,5 a 7,5, para esta modificación se utiliza ácido acético.

2.3.4.1.3. Teñido de fibra

Para iniciar el proceso de teñido se hace la adición de los auxiliares de teñido, igualadores y sulfato de sodio al baño tintóreo, siempre haciendo una verificación de pH entre 6,5 y 7,5 para luego adicionar los colorantes al baño, se realiza una homogenización por medio de la circulación de la tela dentro de la máquina. Posteriormente se adiciona soda ash para elevar el pH del baño a valores entre 10,5 y 11,2, esto se debe a que los colorantes para algodón o colorantes reactivos, reaccionan con la fibra en un medio alcalino, se procede a aumentar la temperatura a 80 °C durante 30 min, bajo estas condiciones se inicia

el proceso de reacción entre la tela y los colorantes. Finalizado el tiempo de reacción se procede a drenar el baño tintóreo y enjuagar la tela por medio de circulaciones con agua.

2.3.4.1.4. Neutralizado

Al finalizar el proceso de teñido tenemos que la tela tiene un pH entre 10,5 y 11,2, para asegurar que los colorantes se mantengan fijos a la fibra es necesario modificar el pH de la tela a valores de 6,5 a 7,5 por medio de la adición de ácido acético, este neutralizado garantiza una buena solidez de color.

2.3.4.1.5. Jabonado

El jabonado consiste en realizar circulaciones de la tela con agua y jabón, esto sirve para garantizar que se eliminan todos los químicos residuales del proceso que pueden afectar en los procesos posteriores.

2.3.4.2. Fibras sintéticas

Estas fibras son creadas de forma artificial usando polímeros obtenidos mediante procesos químicos derivados del petróleo.

2.3.4.2.1. Pretratamiento

Para iniciar el proceso de teñido de las fibras sintéticas se prepara el baño tintóreo realizando una circulación de la tela y adicionando detergentes, igualadores y ácido acético para llevar el pH a valores entre 4,0 y 4,5 para posteriormente realizar circulaciones durante 5 min para homogenizar el baño.

2.3.4.2.2. Teñido de fibra

Para iniciar el proceso de adición de colorantes se eleva la temperatura del baño a 60 °C y se introducen los colorantes de manera dosificada, esto evita que se generen manchas en la tela, posteriormente se homogeniza el baño por 5 min. A continuación, se busca expandir la fibra para que las moléculas de colorante ingresen a la misma, para esto se eleva la temperatura en dos fases, la primera fase consiste en llevar la temperatura a 115 °C con un gradiente de subida de $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ para luego hacer una circulación por 3 min. La segunda fase consiste en elevar la temperatura a 135 °C con un gradiente de subida de $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ para luego hacer una circulación por 45 min, durante este tiempo las moléculas de colorante migran del baño tintóreo y se internan en las fibras expandidas hasta saturarlas.

2.3.4.2.3. Enfriado

Se inicia el proceso de enfriado bajando la temperatura en el proceso con un gradiente de bajada de $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$, durante este cambio de temperatura las fibras empiezan a regresar a su estado natural contrayéndose y dejando atrapadas a las moléculas de colorante dentro de las mismas.

2.3.4.2.4. Lavado reductivo

En los colores oscuros se realiza un lavado al final del proceso de teñido que remueve todo el colorante que no migro a las fibras y quedo en el baño tintóreo, también se lava el colorante que se adhirió a la tela y no está dentro de la fibra, para esto se hacen circulaciones adicionando hidro sulfito de sodio y soda cáustica.

2.3.4.2.5. Químicos especiales

En esta etapa se agregan los químicos que el cliente ha requerido con base en sus estándares, los más utilizados son los agentes wicking que mejoran la hidrofiliidad de la tela y suavizantes para mejorar la sensación al tacto.

2.3.4.3. Mezclas

Cuando se habla de mezclas, se refiere a que el material textil o la tela está compuesta por una combinación de fibras naturales y fibras sintéticas, las proporciones de cada una de las fibras varían según las necesidades del cliente o el uso final de la tela.

El proceso de tintura para un material textil de tipo mezcla se realiza tiñendo en primer lugar la fibra sintética siguiendo el proceso antes mencionado para posteriormente proceder a teñir la fibra natural, este orden está definido de esta manera debido a las temperaturas necesarias en el proceso de migración de cada uno de los colorantes, los colorantes para fibras sintéticas también llamados colorantes dispersos, funcionan a una temperatura de 135 °C mientras que los colorantes reactivos para fibras naturales reaccionan a 90 °C.

2.3.5. Verificación de color

En esta etapa, se toma una muestra del tejido teñido y se hace una simulación del proceso de acabados, esta se hace en el laboratorio de calidad en donde se cuenta con las máquinas adecuadas, la primera es un foulard, que es un tipo de rodillo que tiene como función comprimir y exprimir el tejido, este instrumento del laboratorio simula el proceso de exprimido e impregnación de suavizante del proceso de acabados, la segunda es una secadora que regula la

temperatura y el tiempo de exposición al calor dependiendo de la especificación fijada por el Departamento de Acabados. Después de realizada la simulación la muestra es comparada contra el estándar de color brindado por el cliente, se hace de dos maneras, la primera es una evaluación visual realizada por un observador experimentado y segunda es utilizando un espectrofotómetro, tomando en cuenta ambos resultados se toma una decisión de aprobación o rechazo del *batch*.

2.3.6. Descarga

Para sacar la tela de la máquina de teñido se utiliza una redina externa con la que la máquina está equipada detallada en la Figura 4, la tela se extrae de la máquina a través de la escotilla y es colocada por el operador en la redina de salida para que esta sea jalada, transportada y depositada en un tambo plástico adecuado que tiene orificios en el fondo que permiten que la tela empiece a botar el exceso de agua que contiene derivada del proceso.

Figura 5. Redina de descarga



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en planta textil.

2.3.7. Centrifugado

La tela descargada de la máquina contiene mucha agua debido a la absorción generada en el baño de tintura gracias a sus propiedades hidrofílicas, para reducir el porcentaje de agua en la tela se somete a un proceso de centrifugado, el cual consiste en cargar la tela a una máquina centrífuga descrita en la Figura 5, que mueve la tela en forma circular hasta 300 RPM, esta acción genera un desplazamiento del líquido gracias a la aceleración centrífuga aplicada y una disminución del 90 % del agua residual absorbida en la tela.

Figura 6. Centrifuga



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en planta textil.

2.3.8. Abridora

Debido a las máquinas de tejido circular, la tela en crudo proporcionada para el proceso de tintura está construida de forma cilíndrica o tubular, de esta forma es ingresada al proceso de plisado, teñido y centrifugado, para el proceso de abridora, la tela es cortada por medio de un disco de corte para posteriormente ser plegada ya abierta en una carreta de descarga.

Figura 7. Abridora



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en planta textil.

2.3.9. Acabado

El proceso de acabado consiste en procesar la tela en una máquina llamada rama, del mismo tipo representado en la figura 7, esta máquina da a la tela sus características finales, según los requerimientos del cliente, cada tela tiene características particulares las cuales salen a relucir en este proceso, en la rama se utiliza presión, tensión y calor para darle a la tela su peso, encogimientos, torque y apariencia, así como siliconas y ácidos grasos para mejorar el tacto de la tela y compuestos antimicrobiales para brindar propiedades antibacteriales, características con las cuales el producto final será enviado al cliente.

Figura 8. **Equipo de acabados rama**



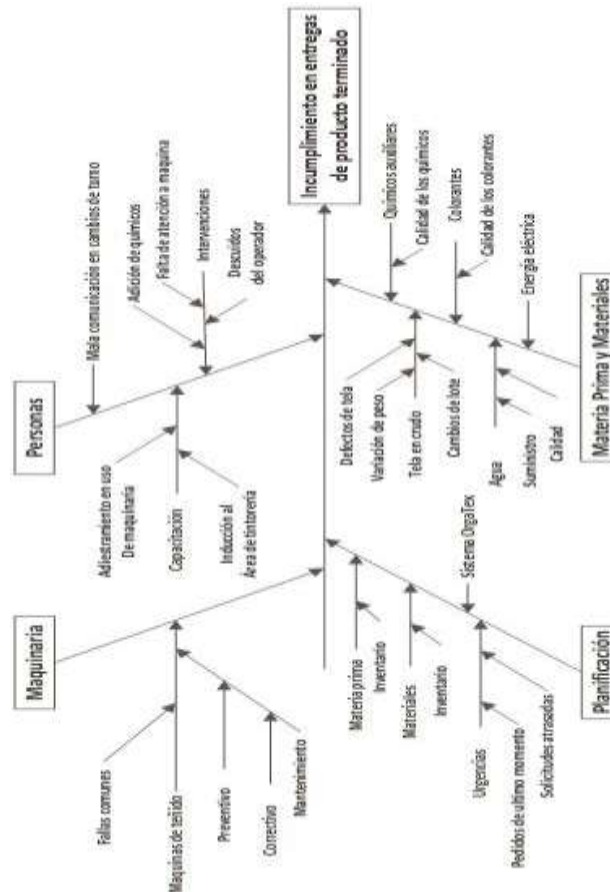
Fuente: Bruckner. *Maquinaria textil*. <http://blutec.com.mx/blog/?paged=2&cat=11>. Consulta: 20 de noviembre 2019.

3. ANÁLISIS DE VARIABLES

3.1. Diagrama Ishikawa de variables de proceso

Por medio de la herramienta se representan gráficamente las variables que intervienen en el proceso de teñido.

Figura 9. Diagrama Ishikawa



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

3.2. Mano de obra

El recurso humano utilizado en el teñido textil debe ser especializado, debido a que el proceso tiene diversas operaciones, cada una con características muy particulares, es necesario que el operador tenga conocimientos específicos en cuanto a las variables que cada quien maneja y añade al proceso. Actualmente la empresa maneja una política de contratación en la cual dan la oportunidad a gente sin experiencia para que forme una carrera dentro de la organización especializándose en el área a donde ingresa.

Para evaluar el perfil de contratación básico de los operarios se realizó una comparación con dos empresas del mismo giro, se detectó que hay dos aspectos importantes que actualmente no se toman en cuenta en el proceso de reclutamiento según tabla I.

Tabla I. **Requerimientos básicos de contratación**

Requerimientos	Ideal	Actual
Nivel de estudios Diversificado	✓	✓
Capacidad de análisis básico comprobado	✓	✗
Experiencia laboral de 1 año	✓	✗
Sentido de urgencia	✓	✓
Energético	✓	✓
Buenas relaciones interpersonales	✓	✓
Inteligencia emocional intermedia	✓	✓
Proactivo	✓	✓
Sin antecedentes ni problemas legales	✓	✓

Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

3.2.1. Capacitación de los colaboradores

El método de capacitación actual consiste ubicar al operador nuevo sin experiencia alguna junto a otro operador con experiencia para que aprenda como debe operar el equipo, semanalmente se dan retroalimentaciones al grupo donde se dan a conocer algunas de las fallas realizadas y al mismo tiempo se da una breve explicación de la manera correcta de ejecución de las operaciones. Sin una inducción técnica previa a iniciar la operación del equipo, básicamente el operador se vuelve auto didacta, en búsqueda del conocimiento del proceso, debe acudir constantemente a su superior para aprender la forma correcta de hacer el trabajo, esto implica un proceso largo de aprendizaje basado en pruebas y error, lo que influye en la calidad del proceso y producto final.

Para medir el nivel de conocimientos que el operador obtiene respecto al tiempo que lleva en la empresa se les realizó una prueba de conocimientos básicos la cual consta de cinco preguntas, y se realizó a grupos de 5 operarios que tuvieran determinado rango de meses laborando en la empresa, los resultados revelados en la tabla II.

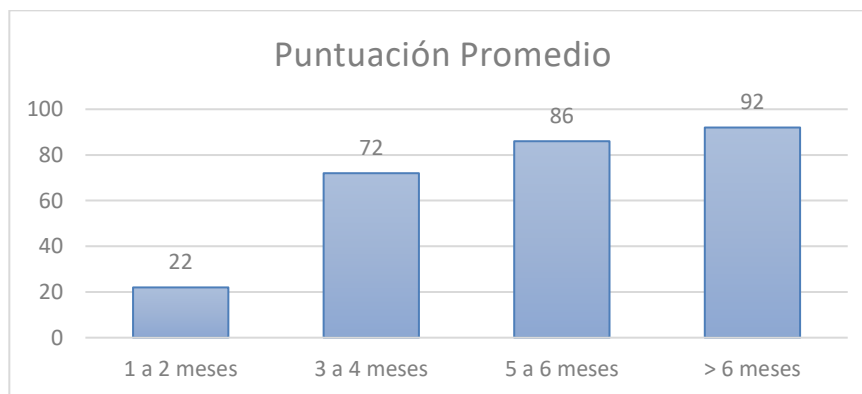
Tabla II. **Puntuación promedio**

Tiempo laborando	Puntuación promedio
1 a 2 meses	22
3 a 4 meses	72
5 a 6 meses	86
> 6 meses	92

Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

En la figura 9 se describe el comportamiento de los resultados de las pruebas realizadas, es importante resaltar que a pesar de que hay operadores con más de 6 meses laborando en la empresa aún tienen deficiencias, esto puede ser derivado de la falta de información facilitada desde el inicio de sus labores en la empresa, adicionalmente no existe un sistema de evaluación periódica que indique el progreso en cuanto a la acumulación de conocimientos del trabajo de cada operario.

Figura 10. **Puntuación promedio**



Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

3.2.1.1. Inducción de colaboradores al área de tintorería

Cuando un nuevo colaborador entra al área de tintorería, en la mayoría de las veces, no tiene más que una idea de lo que va hacer, actualmente no existe un programa de inducción técnica donde demuestre el impacto que tiene en la producción las operaciones y decisiones que el operador ejecuta, esta falta de información genera impactos negativos en el producto final.

3.2.1.2. Adiestramiento en uso de maquinaria

El colaborador es adiestrado de en el uso del equipo durante aproximadamente dos meses, durante ese período él debe estar junto a otro operador en la máquina observando y asistiendo en las operaciones de la producción, cabe destacar este método de enseñanza no está acompañado de conocimientos técnicos del proceso por lo que el operador tiende a volverse mecánico y metódico en sus operaciones, con un criterio limitado para cualquier toma de decisiones, lo que lo vuelve dependiente de la presencia de su superior que cuenta con los conocimientos técnicos al momento de tener que tomar una decisión, esta dependencia puede generar tiempos muertos de operación ya que el operador no hará nada si no es autorizado o revisado por el técnico de turno.

3.2.2. Mala comunicación entre cambios de turno

Un cambio de turno se refiere a la interacción entre dos operarios al momento de hacer el relevo al finalizar e iniciar sus horarios laborales, en este momento se debe intercambiar información sobre fallas, tiempos, temperaturas, adiciones, el proceso que se está ejecutando en la máquina, variables externas entre otros.

Actualmente no se cuenta con un registro o una bitácora que permita verificar esta interacción, por lo que no se puede evidenciar que la información sea transmitida de una manera oportuna y correcta.

3.2.3. Intervenciones del operador

Una intervención es cualquier acción que el operador realiza que esta fuera del proceso normal, como por ejemplo hacer una adición extra en el proceso de teñido, hacer un cambio de temperatura o cambiar la velocidad de vuelta de la máquina, los procesos de teñido en las máquinas están estandarizados por medio de programas que llevan una secuencia ordenada del proceso y que son realizados por los técnicos tintoreros, pero en ocasiones los operadores hacen intervenciones por medio de la opción de operación manual en la máquina. Cada uno de estos cambios genera un impacto grande en el resultado final del proceso de teñido y se ha normado que debe realizarse solo con autorización previa del técnico, pero siempre que se tenga la opción de operación manual no se puede asegurar que el operador haga cambios no autorizados.

3.2.3.1. Adición de químicos

El proceso de tintura tiene una estructura ordenada, es una serie de pasos en los cuales el operador interactúa con la máquina, en ciertas fases del proceso de tintura la máquina solicita la adición de químicos según lo requiera el proceso y la curva de tintura, las adiciones de químicos deben hacerse de manera oportuna en cuanto la máquina entra en fase de adición, los químicos se agregan a las ollas de adición mostradas en la figura 10, de forma manual por parte del operador.

Cuando la máquina entra en fase de adición solo el operador puede hacer que esta siga su proceso por medio de la interacción con la máquina, al no hacer una adición en tiempo oportuno la máquina se queda en fase de adición y sigue moviendo la tela dentro del baño tintóreo, estos alargamientos de tiempo pueden generar variaciones en el color final y variaciones físicas en la tela como cambios

de ancho, pilosidad en algodones y quiebres en polyester, adicionalmente todo el tiempo que el operador deja la máquina en esta fase es sumado al tiempo muerto de proceso.

Figura 11. **Olla de adición**



Fuente: Danitech engineering and solutions. *Danisample*, <https://www.danitech.it/campionatura-danisample/>. Consulta: 18 de noviembre 2019.

3.2.3.2. Falta de atención a máquinas en cambio de lote

Cuando un lote finaliza su proceso de tintura y es descargado, la máquina debe ser sometida a una inspección rápida donde se revisan aspectos de operación básicos como controles eléctricos, empaques, mangueras neumáticas y una de las más importantes es revisar el color del nuevo lote que entrará a la máquina, esta variable es de las que más puede impactar en el siguiente lote ya

que los residuos de colorante del proceso anterior pueden dañar el lote nuevo cuando el color del nuevo lote es menos intenso al anterior, el proceso de tintura entre lotes debe llevar un orden relacionado a la intensidad de los colores y las cantidades de colorante que necesita cada uno, el orden debe ser tiñendo una serie de lotes del mismo color o tiñendo colores ordenados del más claro al más intenso u oscuro, esto garantiza que no se presenten variaciones de tonalidad en el nuevo lote, también evita que se generen manchas.

3.2.3.3. Descuidos del operador

Cada operador tiene asignadas 3 máquinas, todas trabajando simultáneamente, en el mejor de los casos serán todos los lotes serán teñidos en el mismo color y en el mismo tipo de tela, de lo contrario se tienen en las 3 máquinas diferentes colores en diferentes telas y diferentes tiempos de operación por lote. El operador debe estar muy atento a las alarmas que las máquinas generan, también a las fases del proceso ya que tienen que hacer intervenciones oportunas, los descuidos de los operadores son bastante comunes y pueden ser intencionados en los casos donde el operador no atiende las alarmas por estar enfocado en asuntos fuera del trabajo, y no intencionados cuando el operador es requerido en otra área, es llamado a alguna reunión o afecta algún factor externo como falta de tela en crudo, colorantes o químicos, todos los casos se traducen a alargamientos en tiempo de teñido y tiempos muertos en el proceso.

Los tiempos de alargamiento de proceso o tiempos muertos por descuidos de operador pueden impactar en una demora de un par de horas hasta de un día, se han detectado procesos que duran 24 horas debido a descuidos, sin mencionar que el lote pueda tener variaciones de color, en estos casos al hacer un matizado de color el proceso se puede extender hasta 12 horas más.

Adicionalmente estos alargamientos tan extremos generan degradación de fibras y desgaste en la tela.

3.3. Materia prima y materiales

La materia prima utilizada en la planta de teñido es la tela en crudo, durante el proceso se utilizan y agregan materiales que van generando las transformaciones y características solicitadas por el cliente final.

3.3.1. Tela en crudo

Cuando la tela se extrae de las máquinas de tejeduría se le llama tela en crudo, en este punto no se le ha realizado ningún proceso químico y contiene todos los aceites y lubricantes que se utilizan en las máquinas tejedoras, en este punto la tela es la materia prima para la planta de tintorería y la calidad de la misma es base para obtener un producto final conforme a los estándares del cliente.

Figura 12. **Tela en crudo extraída de máquina**



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en planta textil.

3.3.1.1. Defectos de tela en crudo

Existe una gran variedad de aspectos que pueden afectar la calidad de la tela en crudo, la máquina de tejido tiene diferentes variables y cada una juega un papel en cuanto a los defectos que se pueden producir, actualmente en la empresa se tiene una mayor recurrencia en 5 tipos de defectos.

3.3.1.1.1. Líneas de aguja

En este tipo de defecto se puede observar una línea no tejida, marcada en el tejido en sentido vertical o sentido de la urdimbre, puede ser ocasionado por una aguja rota en la máquina de tejido, con este tipo de defectos se debe desechar el segmento de tela producida y enviarlo a la merma del proceso. Es importante mencionar que es un defecto bastante fácil de detectar, aunque en algunos casos se logra revelar hasta después de que la tela ha sido teñida, en este punto el impacto en el costo es mayor.

Figura 13. **Ejemplo de línea de aguja**



Fuente: Eureka textiles. *Defectos de tela*. <https://eurekatextil/defectos-de-tela-provenientes-de-la-tejedura>. Consulta: 03 de noviembre 2019.

3.3.1.1.2. Manchas de aceite

Las manchas de aceite se identifican como manchas oscuras distribuidas de forma aleatoria sobre el tejido, puede ser causada por una mala dosificación de aceite o mala posición de la tobera de aceite en la máquina de tejido, estas manchas pueden ser removidas con un solvente, cuando se presenta este tipo de defecto se deben tomar decisiones entre la planta de tejeduría y la planta de teñido ya que la tela es utilizable cuando se destina para teñido en colores oscuros, si la tela debe ser teñida en colores claros se procede a hacer las pruebas de desmanchado, mismas que implican hasta dos días de atraso en la entrega del *batch* de producción.

Figura 14. **Ejemplo de manchas de aceite**



Fuente: Eureka textiles. *Defectos de tela*. <https://eurekatextil/defectos-de-tela-provenientes-de-la-tejedura>. Consulta: 03 de noviembre 2019.

3.3.1.1.3. Agujeros

Los agujeros son roturas en la tela que se generan de manera no consecutiva, puede generarse por variaciones en el hilo como la resistencia,

irregularidad en el grosor y aspereza, estas variables generan tensiones en el proceso de tejido que se derivan en roturas, para este tipo de defecto es necesario hacer un corte en el tejido eliminando el área con el agujero y costurando nuevamente.

La tela puede ser descartada tomando como base el sistema de cuatro puntos, adoptado por el Departamento de Calidad, este sistema consta de estándares internacionales para textiles, el sistema detalla la cantidad y el tamaño de los agujeros que el lote debe tener para que amerite un rechazo.

Figura 15. **Ejemplo de agujeros**



Fuente: Eureka textiles. *Defectos de tela*. <https://eurekatextil/defectos-de-tela-provenientes-de-la-tejedura>. Consulta: 03 de noviembre 2019.

3.3.1.1.4. Piquetes

Los piquetes son pequeños agujeros generados en el tejido de manera aleatoria, son provocados por fricciones generadas en los conductos que guían el hilo, también por daño en las agujas, específicamente en las lengüetas de las mismas, estos se pueden corregir con una correcta calibración de la máquina,

para eliminarlos es necesario hacer un corte en la tela, descartar el área afectada y volver a costurar, de igual manera se utiliza el sistema de cuatro puntos como base para generar un rechazo.

Figura 16. **Ejemplo de piquetes**



Fuente: Eureka textiles. *Defectos de tela*. <https://eurekatextil/defectos-de-tela-provenientes-de-la-tejedura>, 2019-, consultado 03 de noviembre 2019.

3.3.1.1.5. Contaminación

La contaminación en el tejido es provocada por elementos que flotan en el ambiente donde se encuentra la máquina o por elementos que están incorporados al hilo, en algunos casos se adhieren al hilo en el proceso logístico, en cualquiera de los casos estas impurezas se transfieren al tejido, para evitar este tipo de defecto es necesario tener un área de trabajo limpia, con extractores de impurezas y una buena circulación de aire, también se pueden implementar aislamientos a las máquinas, la contaminación es difícil verla en la tela cruda, normalmente se ve cuando la tela es teñida y las características de la misma la hacen sobresalir sobre el tejido.

Figura 17. **Ejemplo de contaminación**



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en planta textil.

3.3.1.2. Variación del peso de los rollos de tela

El peso con el que el rollo de tela cruda es descargado de la máquina de tejido es muy importante, esta variable puede impactar de gran manera en la calidad del producto final, de forma estándar se toma en cuenta que cada rollo de tela cruda tiene un peso de $25 \text{ kg} \pm 2$, las máquinas te teñido tienen una capacidad estándar que está en función de este peso, hay máquinas que tienen capacidad de 25 kg, 50 kg, 100 kg, 250 kg, entre otras, por lo que la variación de peso en la tela que se ingresa a la máquina es muy importante, cada receta y adición en el proceso de tintura tiene que ser en función del peso real de la tela y el funcionamiento óptimo de las máquinas depende de la carga del *batch*.

Actualmente la empresa está tomando medidas en el control de esta variable, como pesajes en cada descarga e indicadores que miden a cada operador, una de las acciones para mejorar el control del peso de los rollos de

tela en crudo está ligado a una fuerte comunicación entre plantas que permita anticiparse y generar acciones acordes a la materia prima suministrada.

3.3.1.3. Cambios de lote de hilo en el mismo *batch*

Cada lote de hilo tiene características diferentes, aunque sean del mismo tipo hablando del título del hilo y mezcla, los materiales con que son construidos pueden tener pequeñas variaciones, entre ellas la afinidad tintórea, esta variable es la medida en que el material está dispuesto a retener o absorber el colorante, entre más afín es un hilo, más colorante retiene por lo que genera tonalidades más intensas de teñido, mientras que un hilo con menor afinidad generará tonalidades más pálidas. Cuando a nivel de laboratorio se desarrolla una receta de teñido, se hace sobre cierta tela con ciertas características, el lote de producción debe cumplir con las mismas características, para que la receta se comporte en producción exactamente igual que en el laboratorio de desarrollo.

Cuando en un mismo *batch* de una cantidad determinada de rollos tenemos diferentes lotes de hilo mezclados los rollos de tela presentarán variaciones de tonalidad entre rollos, generando así una inconformidad del producto final que amerita un rechazo de todo el *batch*, hay que tener en cuenta que en este defecto puede que hayan rollos con tonalidad buena y otros con variable por lo que hay que hacer una pre selección de los rollos que si tiene la tonalidad correcta antes de formular el reproceso en base a las tonalidades diferentes.

3.3.2. Químicos auxiliares

Los químicos auxiliares de teñido son de los materiales más importantes dentro del proceso de teñido, permiten la realización de las reacciones de proceso y el adecuado acabado de la tela según la solicitud del cliente, en análisis

de los químicos busca determinar la cantidad necesaria de cada químico por cada kilogramo de tela procesado, orientado a identificar el químico que genera el mayor impacto en el producto final, en las tablas III, IV, V y VI se puede ver las cantidades necesarias de químicos para teñir 1 kg de cada tipo de tela y realizar los lavados de máquina.

Tabla III. **Cantidad de químicos para teñir tela polyester**

kg de químico por kg de tela	
EM 8015 AC	0,0048
SODA ASH	0,003
UNIVADINE TOP	0,0048
DP FE 5062 CONC	0,0015
SF 6089 ESP	0,0108
LYOCOL RDN LIQ.	0,0048
ÁCIDO CÍTRICO	0,00078
SODA CÁUSTICA	0,018
HIDROSULFITO DE SODIO	0,018
ÁCIDO ACÉTICO GLACIAL	0,012
PES 2012	0,0048

Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

Tabla IV. **Cantidad de químicos para teñir tela algodón**

kg de químico por kg de tela	
SODA CÁUSTICA	0,009
PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	0,0138
EZ 9020	0,0018
EM 8015 AC	0,0048
SULFATO DE SODIO	0,12
SODA ASH	0,09
ALPHACLEAR AN	0,0018
ÁCIDO ACÉTICO GLACIAL	0,0078
DP FE 5062 CONC	0,009

Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

Tabla V. **Cantidad de químicos para teñir mezclas**

kg de químico por kg de tela	
UNIVADINE TOP	0,0048
LYOCOL RDN LIQ.	0,0018
SODA CÁUSTICA	0,012
PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	0,02
EZ 9020	0,0018
EM 8015 AC	0,0073
SULFATO DE SODIO	0,18
SODA ASH	0,09
ALPHACLEAR AN	0,0018
ÁCIDO ACÉTICO GLACIAL	0,021
DP FE 5062 CONC	0,0105

Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

Tabla VI. **Cantidad de químicos para lavado de máquina**

kg de químico por capacidad kg	
TS 1058 L	0,014
XERPON W	0,014
SODA CÁUSTICA	0,06
HIDROSULFITO DE SODIO	0,04
REDULIT SD-2	0,02
ÁCIDO ACÉTICO GLACIAL	0,015

Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

3.3.2.1. Calidad de los químicos

La gestión de la calidad de los colorantes la realiza un laboratorista de calidad, el procedimiento consiste en hacer pruebas a baja escala de muestras de químicos que los vendedores ofrecen, según las políticas de la empresa, las decisiones de compra se hacen con base en el rendimiento que el producto de y el precio del mismo, en base a estas dos variables el Jefe de Planta toma la decisión de que proveedor será el indicado para realizar las requisiciones, los

resultados de calidad de las pruebas realizadas y las bases técnicas con las cuales se han tomado las decisiones de compra es información de uso exclusivo para la jefatura de planta y la alta dirección.

3.3.3. Agua

El 20 % de las aguas residuales globales proviene de la industria de la moda, la industria textil es una de las industrias que más agua consume, este elemento está presente en al menos un 70 % del proceso, el teñido se hace en agua, todas las reacciones dan lugar en medio acuoso con variaciones químicas, el proceso de acabados utiliza un flujo constante de agua en las canoas donde pasa la tela, por lo que el control del agua es de gran importancia para lograr repetitividad en el teñido y un buen acabado.

3.3.3.1. Calidad del agua

Las variables que se controlan en la gestión de la calidad del agua dentro del proceso de teñido textil son los niveles de pH y dureza del agua, según información proporcionada por el laboratorista de la planta, los niveles son los adecuados y están adecuadamente controlados, por lo que no representa una variable que pueda afectar el proceso y las fechas de entrega al cliente, los resultados exactos de los niveles que manejan en el proceso son información exclusiva de la empresa.

3.3.3.2. Suministro de agua

El agua utilizada en el proceso es obtenida de 3 pozos que están dentro de la propiedad de la empresa, la calidad del suministro es monitoreado

constantemente y recibe un tratamiento previo a ingresar al proceso el cual es para uso exclusivo de la empresa.

3.3.4. Energía eléctrica

Debido a la ubicación geográfica de la empresa, el servicio de energía eléctrica es suministrado por medio de Energuate, la empresa está ubicada en uno de los municipios del departamento de Chimaltenango, la demanda energética de dicho municipio es baja y la infraestructura de distribución esta adecuada a esta demanda. Siendo la empresa la única industria en el municipio se convierte en el principal demandante energético.

La dependencia del suministro de electricidad vuelve vulnerable a la empresa, el no contar con un flujo confiable y constante hace que se presenten paros repentinos en la producción, cuando se generan estas interrupciones la probabilidad de que los *batch* de producción que se encuentran en las máquinas presenten defectos como variación de tonalidad, manchas, quiebres y otros defectos es muy alta, el problema se da cuando el paro se genera en cualquier punto de la curva de calentamiento o enfriamiento, esto interrumpe el proceso de transferencia y de fijación del colorante, redundando directamente en incumplimientos con las fechas de entrega del producto final debido a los rechazos por variación de tonalidad.

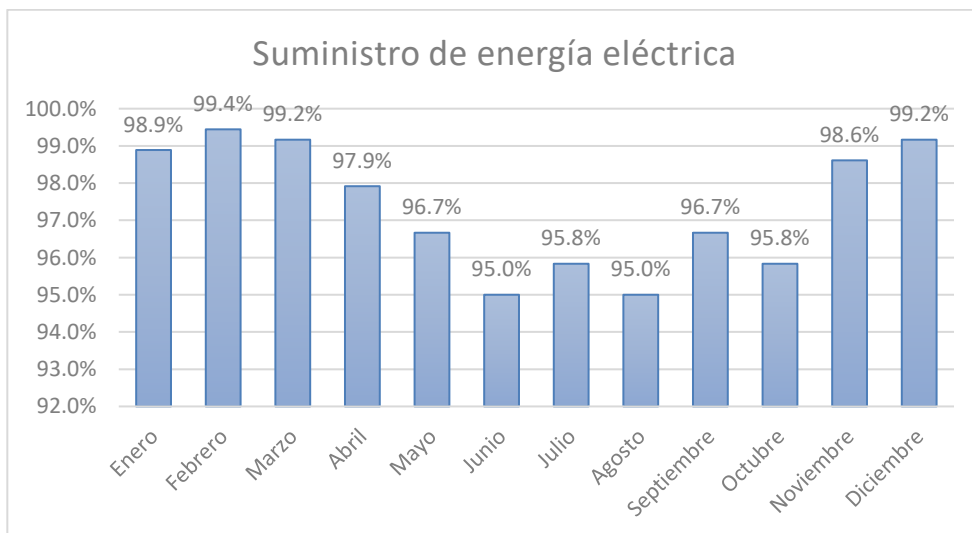
En la tabla VII se muestra el comportamiento del suministro eléctrico del año, se observa que en todos los meses se presentan cortes de electricidad, adicionalmente en la figura 17 se muestra que en los meses de invierno los cuales son de mayo a octubre, las caídas en el suministro son mayores.

Tabla VII. **Suministro mensual de energía eléctrica**

Mes	Tiempo de corte en horas	Cobertura %
Enero	8	98,9
Febrero	4	99,4
Marzo	6	99,2
Abril	15	97,9
Mayo	24	96,7
Junio	36	95,0
Julio	30	95,8
Agosto	36	95,0
Septiembre	24	96,7
Octubre	30	95,8
Noviembre	10	98,6
Diciembre	6	99,2

Fuente: elaboración propia, con datos proporcionados por Departamento de Mantenimiento.

Figura 18. **Comportamiento de suministro eléctrico**



Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

3.4. Maquinaria

El proceso de teñido desde el ingreso de la tela a la planta hasta el producto terminado pasa por una serie de máquinas que van transformando la materia prima desde su estado inicial en crudo hasta la tela acabada lista para entregar al cliente, el equipo utilizado se describe a continuación, y se utilizan dependiendo de los acabados que el cliente requiere:

- Plizadora
- Teñidora
- Centrífuga
- Abridora
- Secadora
- Rama
- Compactadora
- Afelpadora
- Estampadora

3.4.1. Descripción del equipo

Para el proceso de teñido se hace énfasis en las teñidoras, la empresa cuenta con 22 máquinas, en la tabla VIII se encuentran ordenadas según la marca, es importante resaltar que a pesar de que se tienen 4 marcas diferentes todas las máquinas cumplen el mismo propósito, tienen pequeñas variaciones operativas entre cada una, pero las mismas están controladas por el técnico encargado del área de tintorería siendo una de sus principales atribuciones el controlar las variaciones que puedan generar.

Tabla VIII. **Listado de máquinas teñidoras**

Marca	Capacidad en kg	Número
DANITECH	250	1
DANITECH	500	2
DANITECH	500	3
DANITECH	1 000	4
DANITECH	1 000	5
DANITECH	500	6
DANITECH	1 500	7
DANITECH	250	8
DANITECH	25	9
DANITECH	25	10
DANITECH	50	11
SCHOLL	1 000	12
SCHOLL	1 000	13
SCHOLL	1 500	14
SCHOLL	500	15
SCHOLL	125	16
THIES	750	17
THIES	750	18
THIES	25	19
FONGS	800	20
FONGS	800	21
FONGS	25	22

Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

3.4.1.1. Fallas comunes de la maquinaria

El equipo de teñidoras presenta fallas de operación normales, estas están relacionadas a componentes que sufren un alto grado de desgaste durante la operación, el tiempo de paro aproximado para cada una de las fallas es de 30 minutos, el tiempo puede variar dependiendo de la temperatura y del punto de

la curva de calentamiento o enfriamiento en que el proceso se encuentra al momento de presentar la falla hasta 6 horas.

El Departamento de Mantenimiento tiene bien identificadas cuales son las fallas comunes y enfoca sus esfuerzos en disminuir la incidencia de estas, las mismas se presentan en la tabla X.

3.4.1.2. Mantenimiento

El mantenimiento comprende todas las acciones que se realizan para reparar y contrarrestar el desgaste y degradación de los equipos generados por el tiempo y el uso de los mismos, tiene como objetivo principal el alargamiento de la vida útil de los equipos manteniéndose dentro del presupuesto asignado.

El Departamento de Mantenimiento tiene el reto de mantener en óptimas condiciones los equipos para evitar los tiempos de paro por fallas mecánicas o eléctricas, cuando un equipo presenta un problema afecta al proceso de dos formas diferentes, la primera el impacto directo de la demora en la entrega del producto y la segunda es el defecto de calidad que se genera dependiendo de la fase del proceso de teñido en la cual la máquina presenta el fallo.

El equipo de mantenimiento utiliza datos históricos para identificar las fallas que tienen mayor incidencia en los paros de máquinas, la fuente y el registro de los datos es para uso exclusivo del departamento, con la información obtenida en el último año de la actual gestión presentada en la tabla IX.

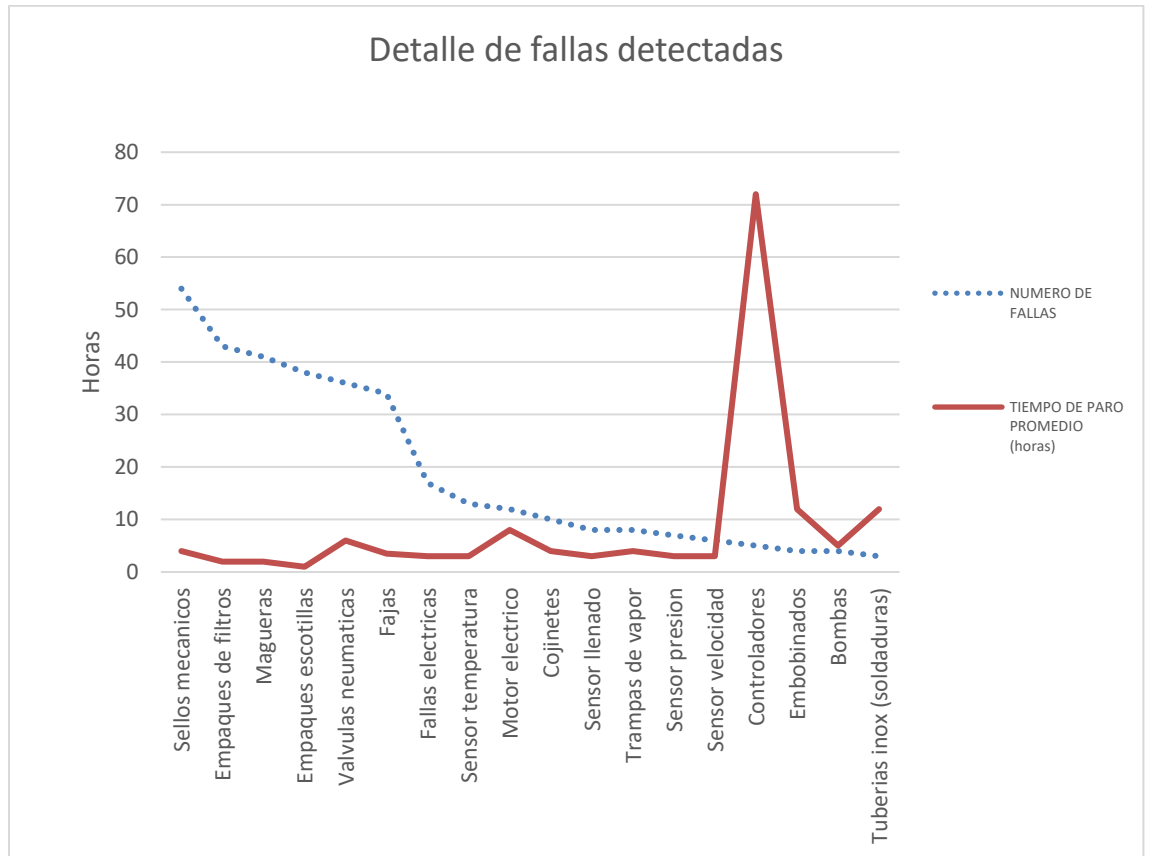
Tabla IX. Detalle de fallas detectadas

Fallas detectadas	Numero de fallas	Tiempo de paro promedio en horas
Sellos mecánicos	54	4,00
Mangueras	41	2,00
Fajas	34	3,50
Empaques escotillas	38	1,00
Empaques de filtros	43	2,00
Sensor llenado	8	3,00
Sensor temperatura	13	3,00
Sensor velocidad	6	3,00
Sensor presión	7	3,00
Válvulas neumáticas	36	6,00
Motor eléctrico	12	8,00
Embobinados	4	12,00
Bombas	4	5,00
Cojinetes	10	4,00
Trampas de vapor	8	4,00
Fallas eléctricas	17	3,00
Controladores	5	72,00
Soldaduras de tuberías inox	3	12,00

Fuente: elaboración propia, con información proporcionada por equipo de mantenedores del Departamento de Mantenimiento.

Como se puede observar en la tabla IX, el tiempo de paro de cada falla varia, y esto se debe a su complejidad según la información obtenida de los mantenedores, hay casos en los cuales se deben llamar a técnicos especializados, como el caso de los controladores, el comportamiento se puede observar en la figura 18, es importante notar que las fallas que tienen menor frecuencia son las que representan paros más largos.

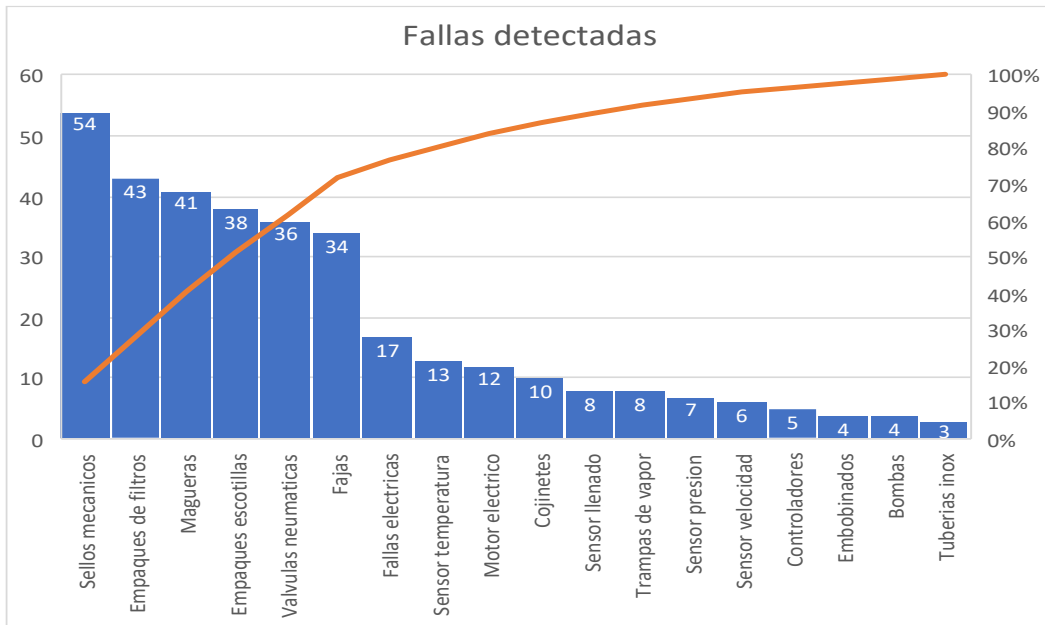
Figura 19. Gráfico de detalle de fallas detectadas



Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

Con la información histórica obtenida de la tabla IX, se genera el diagrama de Pareto mostrado en la figura 19, el cual muestra los componentes que presentan más fallas, esto enfoca el trabajo preventivo de los mantenedores.

Figura 20. **Diagrama de Pareto de fallas detectadas**



Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

Partiendo del diagrama de Pareto se han podido identificar las fallas comunes, la cuales se pueden visualizar en la tabla X.

Tabla X. **Fallas comunes de teñidoras**

Fallas comunes	Tiempo de paro promedio en horas
Fugas en sellos mecánicos de bombas	4
Fugas en mangueras de alta y baja presión	2
Fajas dañadas y gastadas	3,5
Empaques de compuertas o escotillas	1
Empaques de filtros rotos	2
Válvulas neumáticas	6

Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

3.4.1.2.1. Mantenimiento preventivo

En búsqueda de la disminución de la incidencia de las fallas comunes y correctivas, el Departamento de Mantenimiento tiene implementado un programa de mantenimiento preventivo diseñado y enfocado en disminuir el tiempo de paro de las máquinas, así como alargar la vida útil de los equipos. La aplicación de los preventivos se hace en conjunto con el jefe de planificación, cada mantenimiento se programa en el sistema OrgaTex, interface mostrada en la figura 23, y se le asigna el tiempo que durará el cual está comprendido entre 18 a 24 horas por máquina, este tiempo cambia dependiendo de la cantidad de piezas que se cambien.

El mantenimiento preventivo se realiza tomando como base un documento oficial llamado *Check list* de mantenimiento preventivo de teñidoras creado por el jefe de mantenimiento, este consta de una serie de 22 *ítems* que abarcan la limpieza completa del equipo, cambio de piezas gastadas, calibración de sensores, revisión de bombas, motores, válvulas y revisión de paneles y controladores eléctricos, el documento se puede visualizar en la figura 20, y muestra el control que el técnico debe llevar y el orden que debe seguir conforme realiza su trabajo.

Figura 21. **Check list de mantenimiento preventivo de teñidoras.**

CHECK LIST DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPO DE TEÑIDORAS				
Numero de maquina				
Marca		Capacidad		
Fecha de inicio		Hora de inicio		
Hora de finalizacion		Hora de finalizacion		
Nombre del tecnico		Nombre del operador		
Firma		Vo VB		
Tiempo empleado para mantenimiento				
Intrucciones especificas:				
Comentarios del operador:				
Descripcion de operación		Estado del equipo		
Limpieza externa e interna del equipo	OK	Comentario		
Cambio de sellos mecanicos de bombas	OK	Cambio	Cant	
Cambio de magueras dañadas	OK	Cambio	Cant	
Cambio de fajas	OK	Cambio	Cant	
Cambio de empaques de compuertas	OK	Cambio	Cant	
Cambio de empaques de filtros	OK	Cambio	Cant	
Calibracion de sensores de llenado	OK	Comentario		
Calibracion de sensores de temperatura	OK	Comentario		
Calibracion de sensores magneticos de velocidad	OK	Comentario		
Calibracion de sensores de presion	OK	Comentario		
Revision y prueba de valvulas neumaticas	OK	Cambio	Cant	
Revision de motores electricos	OK	Cambio	Cant	
Revision de embobinados	OK	Cambio	Cant	
Revision de bombas	OK	Cambio	Cant	
Medicion de presion de bombas	OK	Cambio	Cant	
Revision de cojinetes	OK	Cambio	Cant	
Lubricacion de cojinetes	OK	Cambio	Cant	
Revision de trampas de vapor	OK	Cambio	Cant	
Revision fisica de Panel electrico	OK	Cambio	Cant	
Prueba de controladores	OK	Cambio	Cant	
Prueba de focos piloto	OK	Cambio	Cant	
Prueba de switch	OK	Cambio	Cant	

Fuente: elaboración propia, con documento proporcionado por el Departamento de Mantenimiento.

3.4.1.2.2. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo comprende las acciones que se toman para corregir fallas en los equipos que implican un paro de operación. En las máquinas teñidoras presenta poca incidencia en el tiempo muerto del equipo, el equipo de mantenimiento atribuye esto a la correcta aplicación de los mantenimientos preventivos, el tiempo de mantenimiento correctivo varía dependiendo de la falla, puede estar entre 1 y 3 días, según datos de la tabla IX.

3.5. Planificación

Cuando el cliente genera un pedido del algún tipo de producto, este pasa por diferentes áreas antes de iniciar su ejecución, la orden nace en el Departamento de Ventas, ellos son los que tienen el contacto directo con el cliente, el Departamento de Ventas genera una orden de producción la cual es transferida al área de planificación, en esta área está el jefe de planificación que es el encargado de hacer la gestión de recursos que va necesitar para la producción de ese *batch*, al hacer la explosión de materiales determina las cantidades de recursos que se van a consumir, entre estos químicos auxiliares de teñido, colorantes, químicos para acabados especiales, capacidad de máquinas, agua, disponibilidad de máquinas, entre otros.

El análisis en el área de planificación busca determinar que exista dentro del departamento el conocimiento del comportamiento de la demanda de los productos en 100 % algodón, 100 % poliéster y mezclas, así mismo que el Departamento de Ventas proporcione la información de las proyecciones de ventas, herramientas necesarias para realizar los pronósticos de producción para producir de manera oportuna y óptima.

Actualmente no hay evidencia de que el Departamento de Ventas genere proyecciones de ventas, por lo que el Departamento de Planificación no cuenta con esta herramienta para hacer la gestión de recursos, según la información obtenida por el encargado del área, esto es un factor que afecta en las entregas del cliente final, ya que en muchas de las ordenes trabajan reaccionando a la solicitud y manejándolo todo con prisa para poder cumplir con los plazos ofrecidos, no existe un programa de producción y las fechas de entrega generadas por el Departamento de Planificación se vuelven poco confiables ya que se dan con base en la experiencia del proceso, no se realiza ningún tipo de análisis que les permita anticiparse a los pedidos y ofrecer fechas que se cumplan con seguridad, constantemente se tiene que negociar con el cliente los plazos de entrega para evitar penalizaciones e incumplimientos.

Para efectos del análisis se obtuvo un registro de los kilogramos producidos dos años atrás, los resultados se pueden visualizar en la tabla XI.

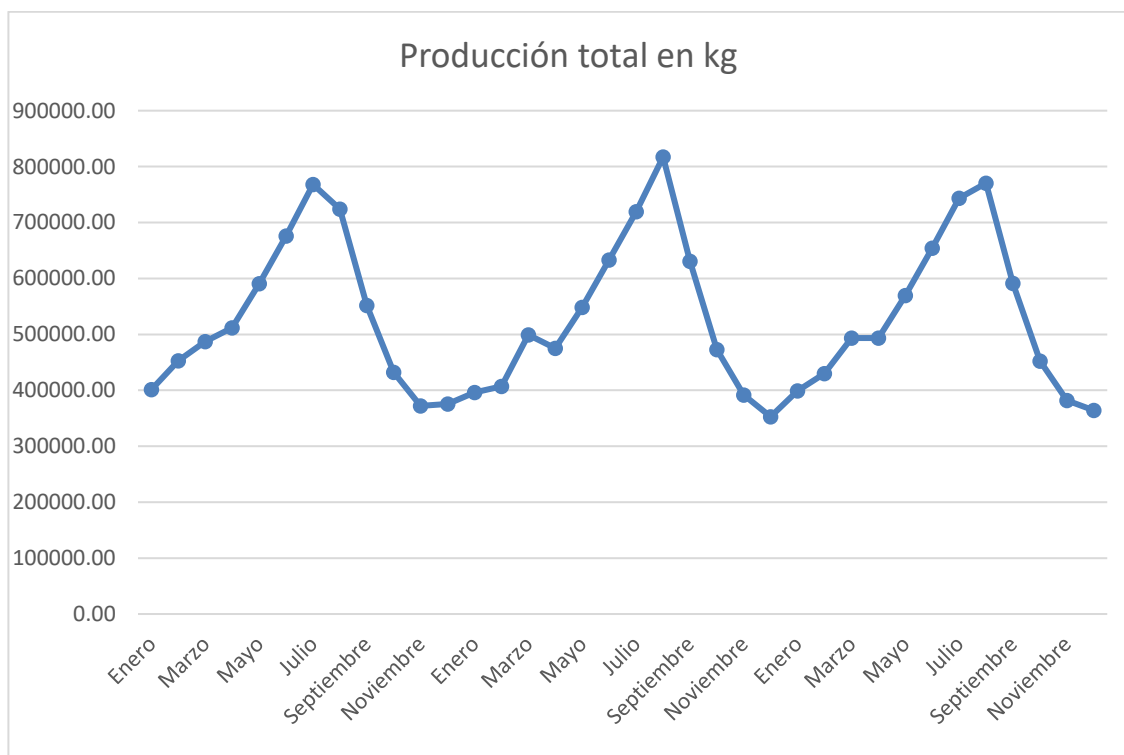
Tabla XI. Datos históricos de producción

Mes	Producción en kg 2017	Producción en kg 2018	Producción en kg 2019
Enero	401 539,40	396 109,80	398 824,60
Febrero	453 096,78	406 968,99	430 032,88
Marzo	487 308,57	499 224,56	493 266,57
Abril	511 911,62	475 392,58	493 652,10
Mayo	590 625,10	548 430,66	569 527,88
Junio	676 006,26	632 819,54	654 412,90
Julio	768 254,93	719 192,98	743 723,95
Agosto	724 025,01	817 316,87	770 670,94
Septiembre	551 808,48	630 733,15	591 270,82
Octubre	432 104,08	472 883,81	452 493,94
Noviembre	372 053,91	391 324,34	381 689,13
Diciembre	375 804,04	352 783,48	364 293,76

Fuente: elaboración propia, con información proporcionada por Departamento de Planificación.

Con base en los datos se obtiene la gráfica de los datos de la producción de cada mes para verificar la tendencia y comportamiento de la producción, esta se muestra en la figura 21 se puede observar una tendencia cíclica con picos de producción en los meses de junio, julio y agosto.

Figura 22. **Gráfico de históricos de producción**



Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

Partiendo de los datos obtenidos de la producción se procede a separar la producción de algodón, polyester y mezclas, los datos son presentados en las tablas XII, XIII, XIV y XV.

Tabla XII. **Históricos de producción de algodón**

MES	Producción en kg 2017	Producción en kg 2018	Producción en kg 2019
Enero	343 028,16	336 518,21	339 773,19
Febrero	370 365,17	349 538,11	359 951,64
Marzo	396 875,42	391 192,22	394 033,82
Abril	444 882,76	402 558,61	423 720,68
Mayo	519 760,71	487 206,90	503 483,80
Junio	586 450,04	552 314,51	569 382,28
Julio	685 119,09	620 585,57	652 852,33
Agosto	662 582,04	749 652,60	706 117,32
Septiembre	506 000,77	575 511,48	540 756,13
Octubre	393 662,40	436 490,06	415 076,23
Noviembre	357 251,15	350 834,74	354 042,95
Diciembre	351 720,37	363 667,56	357 693,97

Fuente: elaboración propia, con información proporcionada por Departamento de Planificación.

Tabla XIII. **Históricos de producción de polyester**

MES	Producción en kg 2017	Producción en kg 2018	Producción en kg 2019
Enero	142 500,54	90 409,65	116 455,10
Febrero	198 286,12	194 591,43	196 438,77
Marzo	213 500,67	201 980,80	207 740,73
Abril	257 602,82	225 020,53	241 311,68
Mayo	292 438,06	290 185,11	291 311,59
Junio	255 587,23	294 691,01	275 139,12
Julio	244 643,54	216 483,45	230 563,50
Agosto	303 639,70	272 803,63	288 221,67
Septiembre	329 501,73	334 475,77	331 988,75
Octubre	279 445,37	324 527,69	301 986,53
Noviembre	199 717,64	234 363,05	217 040,34
Diciembre	140 763,66	165 072,22	152 917,94

Fuente: elaboración propia, con información proporcionada por Departamento de Planificación.

Tabla XIV. **Históricos de producción de mezclas**

MES	Producción en kg 2017	Producción en kg 2018	Producción en kg 2019
Enero	213 285,63	244 245,50	228 765,57
Febrero	205 787,54	182 325,76	194 056,65
Marzo	200 386,66	229 249,32	214 817,99
Abril	173 049,98	171 524,00	172 286,99
Mayo	204 020,76	174 575,96	189 298,36
Junio	283 975,11	233 465,56	258 720,34
Julio	359 936,28	334 484,66	347 210,47
Agosto	265 078,84	385 387,89	325 233,37
Septiembre	96 320,31	144 769,79	120 545,05
Octubre	57 115,65	47 870,83	52 493,24
Noviembre	63 520,42	66 360,47	64 940,44
Diciembre	144 722,96	60 680,36	102 701,66

Fuente: elaboración propia, con información proporcionada por Departamento de Planificación.

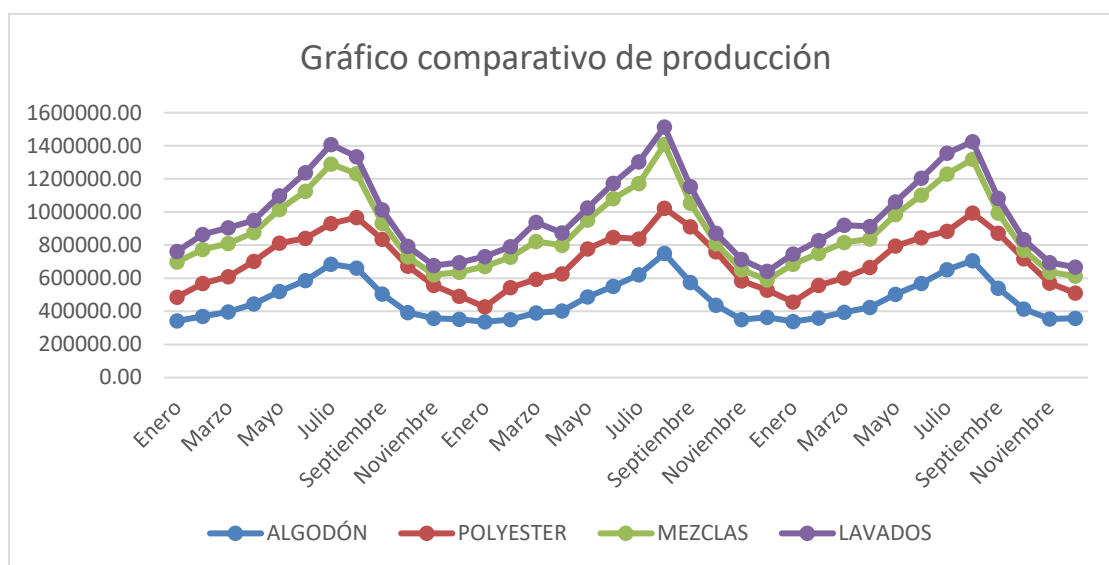
Tabla XV. **Históricos de lavados realizados**

MES	Producción en kg 2017	Producción en kg 2018	Producción en kg 2019
Enero	62 492,30	60 523,12	61 507,71
Febrero	89 604,18	64 461,48	77 032,83
Marzo	95 174,94	114 746,87	104 960,91
Abril	73 851,01	75 603,01	74 727,01
Mayo	82 325,50	72 099,00	77 212,25
Junio	111 829,50	92 552,00	102 190,75
Julio	118 684,98	131 107,00	124 895,99
Agosto	102 849,77	106 262,95	104 556,36
Septiembre	81 803,90	99 436,59	90 620,24
Octubre	62 869,61	64 171,20	63 520,41
Noviembre	56 908,61	61 568,02	59 238,32
Diciembre	56 878,46	52 249,20	54 563,83

Fuente: elaboración propia, con información proporcionada por Departamento de Planificación.

Con base en los datos de las tablas XII, XIII, XIV y XV, se obtiene la gráfica de la figura 22, en la cual se pueden comparar los datos de la producción de cada uno de los productos, se puede observar que de igual manera siguen una tendencia cíclica conforme a la producción total presentada en la figura 21.

Figura 23. **Gráfico comparativo de producción**



Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

3.5.1. Inventario de materia prima en planta

El Departamento de Planificación está a cargo del inventario de materia prima y materiales conformado por la tela en crudo, químicos auxiliares de teñido y colorantes, ellos realizan las solicitudes de tela en crudo a la planta de tejido y trasladan la información al área de compras para la adquisición de químicos y colorantes.

El inventario de materiales en planta es dinámico, está conformado por la tela que está dentro del flujo productivo, ya sea en teñido, para reproceso o en proceso de acabados, está sujeto a la producción diaria y oscila entre los 15 000 a 20 000 kg. En la tabla XVI se muestra un inventario de químicos auxiliares sin uso realizado en enero de 2018 con un costo de Q 633 000,00 este dato refleja la ausencia de un procedimiento de manejo de materiales.

Tabla XVI. Inventario de químicos sin uso en bodega

Descripción	Cantidad en kg	\$ / kg	Costo en \$
TERAREDUCTOR RCA	225	5,15	1 158,75
ABLEV PE- H	1 000	1,9	1 900,00
ALVIRON GBU 200%	1 000	6,65	6 650,00
EGASOL MD	1 141	4,42	5 043,22
ALPHACLEAR ECO MAGIC	200	3,2	640,00
FARMARIT E-R	10	5,25	52,50
AF 9045	1 720	5,23	8 995,60
EZ 9012	1 100	6,25	6 875,00
SF 6060	3 000	3,2	9 600,00
LEVELER DNVL	200	3	600,00
AUXIMINA AU 35	400	2,98	1 192,00
ULTRALUBE CIP	1 000	2,35	2 350,00
PREMIFIX QP	25	1,22	30,50
PREMITEX QP ALKALI LIQUIDO	500	0,65	325,00
SUMADINA 15	2 000	1,61	3 220,00
DISPERSANTE FR-50	1 000	4,75	4 750,00
LAMEGAL DSP	250	2	500,00
SUMADET AJ-30	1 172,37	3,15	3 692,97
AC5333 NOPACIDE BIT 20	300	1,58	474,00
ADAPTIVE AC-03 /SUAVIZANTE	750	14,35	10 762,50
AC5025 MYKOSOFT 230 VTAS	150	1,53	229,50
ALVIRON GBU 200%	188	6,65	1 250,20
EGASOL MD	14,75	4,42	65,20
MERSE RTD ECO	16,2	2,05	33,21
TS 1036 CV	931,6	2,6	2 422,16
AF 9045	290	5,23	1 516,70
EZ 9012	99,06	6,25	619,13
SF 6060	595,33	3,2	1 905,06
ALBAFLUID E3-DLM	15	0,85	12,75
ALBEGAL SET	175,24	4,64	813,11
LEVELER DNVL	27	3	81,00
ULTRALUBE CIP	230,74	2,35	542,24
PREMISPERSE-TI	475	2,4	1 140,00
SOL-CR2	123,63	2,7	333,80
TECULUBE HNF SPECIAL	75	5,29	396,75
RUCOFIN GES	1 000	4,15	4 150,00
			84 322,84

Fuente: elaboración propia, con información proporcionada por Departamento de Planificación.

Este inventario refleja los químicos que ya no son utilizados o han sido descartados por cambios en las recetas de teñido, estos pueden ser utilizados por otras empresas del mismo giro, pero en este momento no existe una política de disminución de inventario de químicos fuera de uso, lo que representa una acumulación constante y aumento de costos de inventario de materiales.

3.5.2. Materiales

Los materiales que se utilizan en el proceso de teñido están comprendidos por los colorantes adicionados, ya sean reactivos o dispersos, y los químicos auxiliares utilizados para generar las reacciones químicas del proceso.

3.5.2.1. Químicos auxiliares

Los químicos auxiliares que se utilizan en el proceso de teñido son adquiridos a proveedores nacionales e internacionales, cada proveedor tiene estandarizados sus tiempos de entrega con variaciones pequeñas dependiendo de las fechas, los proveedores nacionales ofrecen un tiempo de entrega de 24 horas, mientras que los proveedores internacionales tienen tiempos de entrega entre un mes y medio a dos meses, dentro del proceso se sabe que los materiales utilizados tienen demanda dependientes, es decir, que el uso de uno implica necesariamente el uso del otro, pues son complementos en la receta del proceso de teñido.

La falta de inventario de alguno de estos químicos ha generado demoras importantes en la entrega del producto terminado, actualmente no se cuenta con una política de inventarios definida, así mismo no se cuenta con evidencia de un análisis adecuado sobre la demanda para generar proyecciones de venta y un adecuado manejo de materiales. Según registros la falta de materiales de origen

internacional ha generado incumplimientos en las fechas de entrega ya que el tiempo estimado en que los materiales llegan después de su requisición es de dos meses.

Actualmente la empresa busca disminuir la falta de inventarios aprovisionándose en la medida de lo posible para evitar caer en puntos de agotamiento, el inventario de químicos de uso de línea actual se muestra en la tabla XVII, es importante resaltar la columna del dato origen, este representa el tiempo en que el producto tardará en llegar a la planta después de hacer su requisición.

Tabla XVII. **Inventario de químicos de línea en bodega**

Descripción	Cantidad en kg	\$ / kg	Costo en \$	Origen
LYOCOL RDN LIQ.	1 937,43	2,8	5 424,80	Internacional
REDULIT SD-2	1 000,03	1,4	1 400,04	Internacional
SODA CÁUSTICA	1 729,43	0,46	795,54	Nacional
PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	3 300,42	0,65	2 145,27	Nacional
ALPHACLEAR AN	2 088,57	1,2	2 506,28	Nacional
SULFATO DE SODIO	372 414,63	0,24	89 379,51	Internacional
DP FE 5062 CONC	12 688,8	1,95	24 743,16	Internacional
EZ 9020	3 645,63	4,9	17 863,59	Internacional
PES 2012	10 862,38	2,46	26 721,45	Internacional
SF 6089 ESP	11 457,14	3,05	34 944,28	Internacional
TS 1058 L	1 800,57	3,39	6 103,93	Internacional
EM 8015 AC	19 614,78	4,64	91 012,58	Internacional
UNIVADINE TOP	526,63	3,89	2 048,59	Internacional
HIDROSULFITO DE SODIO	3 210,54	0,99	3 178,43	Nacional
ÁCIDO CÍTRICO	75	0,92	69,00	Nacional
SODA ASH	9 000,31	0,43	3 870,13	Nacional
ÁCIDO ACÉTICO GLACIAL	22 100,24	0,635	14 033,65	Internacional
XERPON W	11,92	3,85	45,89	Internacional
			326 286,15	

Fuente: elaboración propia, información proporcionada por Departamento de Planificación.

3.5.2.2. Colorantes

La gestión de compra de colorantes la hace el laboratorio de Desarrollo de Colores, actualmente cuentan con un adecuado manejo de los mismos ya que la adquisición está ligada directamente a la orden de compra, cuentan con un inventario amplio pero controlado y no hay evidencia de demoras debido a la falta de colorantes. La información exacta de cuales colorantes utilizan dentro del proceso es para uso exclusivo de la empresa.

3.5.3. Urgencias

En la industria textil se trabaja orientada a tendencias, esto implica que se debe de tener una reacción rápida en cuando a las órdenes de producción, todo el proceso está sometido a constante presión por el tiempo, este es un factor que puede afectar la calidad en todas las fases del proceso.

3.5.3.1. Pedidos de último momento

Debido a la necesidad de una reacción rápida en el cumplimiento de las solicitudes, los clientes toman decisiones enfocadas en la entrega de sus órdenes, basándose en su experiencia y en información que obtienen, ellos pueden determinar si un proveedor no podrá cumplir con los plazos que ha ofrecido, en estos casos buscan entre sus diferentes proveedores alguno que esté dispuesto a tomar la orden conociendo las condiciones en cuanto a plazos de urgencia, normalmente este tipo de solicitudes extraordinarias son de altísima prioridad y por lo mismo se pagan más caro, la empresa constantemente pone a prueba a su equipo y se arriesga comprometiéndose a producir este tipo de pedidos, como se ha mencionado, debido a su urgencia se prioriza a todo nivel

dentro del flujo productivo, esto genera descontrol en el proceso y el descuido de otros pedidos produciendo eventualmente incumplimientos con otros clientes.

3.5.3.2. Solicitudes atrasadas

El proceso de producción textil está ligado a un gran número de variables dentro de todo su proceso de transformación, cuando se genera un atraso por algún defecto o una falla se cae en incumplimientos en entrega de la orden de producción, cuando ya se ha llegado a este punto se hace una negociación con el cliente para cambiar la fecha de entrega y la solicitud para a ser una solicitud atrasada, naturalmente a este tipo de solicitudes se le da una mayor prioridad en la producción, esto viene a generar cambios en la programación que afectan a solicitudes que no están atrasadas, la cantidad de solicitudes atrasadas es directamente proporcional al porcentaje de incumplimientos en nuevas órdenes, por cada solicitud atrasada se puede incumplir en tres fechas de entrega para otros clientes.

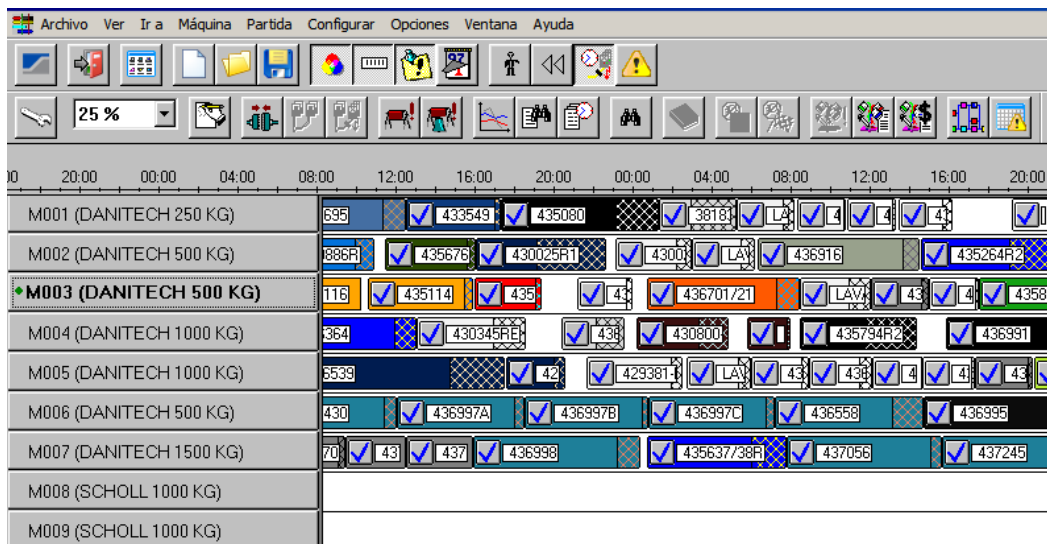
Es importante el análisis de este tipo de solicitudes ya que puede que ya no es rentable para la empresa procesarlas, en algunos casos las disposiciones logísticas no permiten cumplir con una fecha ofrecida y se hace uso de envíos por medio de transporte aéreo, este costo deja a la orden en números rojos ya que se duplica o triplica el precio de transporte, es decir resulta en pérdidas para la empresa y se procesa únicamente con el objetivo de mantener al cliente.

3.5.4. Sistema OrgaTex

Este sistema es un interfaz utilizada por la empresa para el control y ejecución de la producción, es una de las herramientas más importantes del proceso de teñido, está conectado por medio de un servidor a todas los

controladores y paneles de las máquinas teñidoras, este programa centraliza todas las variables y las plasma en programas y recetas que las ejecutan en una serie de pasos ordenados de acuerdo al proceso de teñido que se requiera, amarra temperaturas, tiempos, químicos, colorantes, velocidades, adiciones, entre otras.

Figura 24. Interface de sistema OrgaTex



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en planta textil.

Esta herramienta brinda un panorama en tiempo real de cuál es el lote de producción que se encuentra en cada máquina y cuáles son los que están próximos a entrar, la receta de teñido utiliza y los procesos especiales que se necesiten aplicar. También permite hacer una medición de los tiempos muertos, alargamientos no planificados y paros de máquina.

Cuando se crea un nuevo proceso se ingresan todas las características que identifican al lote de producción como el número de máquina donde se operara,

el número de *batch*, cliente, color, tipo de tela, lotes de hilo usados, peso de la carga, entre otros.

Esta herramienta es eficiente y de gran apoyo al área de planificación, pero también tiene debilidades, entre ellas es el fácil acceso a la interface, hay operadores y personal de áreas ajenas a la tintorería que pueden ingresar y hacer cambios en la planificación, estos cambios tienen impacto directo en las fechas de entrega ya que cambian el nivel de prioridad definido al inicio, el programa no genera registros de cambios realizados por determinado usuario en la planificación por lo que deja en total vulnerabilidad el orden de ingreso a máquina de la producción.

Figura 25. Información de proceso

The screenshot shows a software application window with a menu bar (Archivo, Ver, Ir a, Máquina, Partida, Configurar, Opciones, Ventana, Ayuda) and a toolbar. The main interface is divided into several sections:

- Máquina:** Nombre Máquina: DANITECH 25 KG, Tipo de Fila: Receta (selected), Info: DANITECH MUESTRAS, Peso Total: 0.00 / 30.00.
- Receta ID:** 1956, No. Receta: A4BLP084.
- Partida Information:** Tipo: MUESTRA, Estado: En Fila 12.5%, No. de Partida: 202005102.1, Cliente: INTRADECO, Artículo: BIRD EYE MESH 100% P, Hilo: H, No. de Color: A4BLP084, Nombre del Color: HAWAIIAN OCEAN, Peso Cuerpo [Kg]: 25.00.
- Attributes:** Atributos de la Partida: Proceso: Reproceso, Tipo: Nuevo, No. Ref. Partida: (empty), Color: (blue swatch), Fecha de entrega: (empty).
- Actions:** Copiar, Completo, Ignorar, Manual, Ayuda, Crear, Salir.

At the bottom left, it shows 'Página: 1/2' and navigation buttons 'Pág. Anterior' and 'Pág. Siguiente'.

Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en planta textil.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Mano de obra

El recurso humano es una de las variables más difíciles de controlar, los diferentes caracteres, compromiso y nivel de responsabilidad entre cada persona es cambiante, no se puede tener a alguien supervisando a una persona todo el tiempo que realiza sus labores, por lo que es una de las variables que más incide dentro del proceso, nace con un reclutamiento poco exigente y ausencia de inducción técnica, adicionalmente la falta de medición de rendimiento del colaborador y la dependencia de un técnico especializado vuelve al personal mecánico y sin toma de decisiones.

Hay evidencia de falta de comunicación entre cambios de turno y del acceso a hacer intervenciones manuales en el proceso lo cual vuelve vulnerable el proceso a cualquier cambio que realice el operario, a esto se le suma el descuido de los operadores con las máquinas y falta de atención a alarmas de proceso. El factor humano presente en esta parte del proceso abre una ventana de posibilidades para generar fallas y demoras.

4.1.1. Impacto en cumplimiento

La mano de obra tiene un impacto directo en el cumplimiento de las fechas de entrega, una mala operación puede generar defectos en el *batch* de tela, las demoras por mano de obra van de 1 a 48 horas, debido a que en la mayoría de los casos solo representan alargamientos o reprocesos que se hacen de forma continua en la máquina hasta resolver el problema.

4.1.2. Demora y costo

En este caso, una demora es el tiempo en el cual la máquina esta parada sin producir debido a un factor humano, el costo de 1 hora de máquina parada es de \$ 200,00 según información obtenida del encargado de producción, el costo es alto debido a que incluye todos los recursos necesarios para mantener la máquina en operación, humanos, energéticos, entre otros.

Tabla XVIII. **Cálculo de demora y costo en mano de obra**

Mano de obra	Desde hrs	Hasta hrs	Costo en \$ de máquina parada por hora	Desde \$	Hasta \$
Alargamientos	1	48	200,00	200,00	9 600,00
Total	1	48		200,00	9 600,00

Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

4.2. Materia prima y materiales

Los recursos utilizados como materia prima y materiales en el proceso tienen variaciones que no dependen directamente del departamento de tintorería, por lo que su impacto es difícil de prevenir, la tela en crudo que es la materia prima de la planta de tintorería tiene cinco defectos comunes que se revelan hasta el momento del acabado de la tela, quiere decir que ya se le invirtieron recursos tiñéndola, esto tiene un impacto directo en el cumplimiento de fechas de entrega ya que el problema surge en el último punto del proceso.

Por otro lado, los materiales que se usan en el proceso, son adquiridos con proveedores que tienen estándares de calidad altos, por lo que la incidencia en el incumplimiento por químicos de mala calidad es muy baja.

Se cuentan con registros históricos de paros de producción debido a falta de suministro eléctrico, la dependencia de la energía eléctrica vuelve a la planta vulnerable a la calidad de distribución de la misma.

4.2.1. Impacto en cumplimiento

Los rechazos de materia prima implican una reposición total del *batch* el cual dura entre 1 y 3 días de demora en el lote de producción, no se presentan evidencias de demoras por mala calidad de químicos ni por calidad del agua, por otro lado, cada vez que hay una falta del suministro eléctrico implica de 6 a 36 horas de paro total de la producción, este impacto es considerable ya mientras con las otras variables la demora afecta a solo un lote de producción, el suministro eléctrico implica un paro total.

4.2.2. Demora y costo

En este caso la demora comprende el tiempo en el cual la máquina se detiene por falta de materia prima, materiales o recursos humanos o energéticos, en la tabla XIX se muestra un cálculo del costo que representa el tener una maquina detenida, en los casos de la materia prima se evalúa el poder cargar o asignar los costos a los proveedores, ya que los defectos presentados en el tejido están bajo la responsabilidad del Departamento de Calidad de cada planta.

Tabla XIX. **Cálculo de demora y costo en materia prima y materiales**

Materia prima y materiales	Desde hrs	Hasta hrs	Costo en \$ de máquina parada por hora	Desde \$	Hasta \$
Reposiciones	24	72	200,00	4 800,00	14 400,00
Energía	6	36	200,00	1 200,00	7 200,00
Total	30	108		6 000,00	21 600,00

Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

4.3. Maquinaria

La maquinaria analizada comprende las utilizadas en el proceso desde el plisado hasta el acabado de la tela, existe evidencia de fallas en las máquinas, pero son mínimas o comunes, están bien identificadas, están atribuidas al desgaste del equipo, y generan demoras cortas.

Hay evidencia de un adecuado programa de mantenimiento que permite tener en control las fallas por medio de mantenimientos preventivos. La incidencia en incumplimiento por mantenimientos correctivos es baja. No hay evidencia de mantenimientos predictivos.

4.3.1. Impacto en cumplimiento

Las demoras por fallas comunes de maquinaria varían entre 30 minutos hasta 2 horas, los mantenimientos preventivos están diseñados para durar un máximo de 24 horas, los mantenimientos correctivos pueden durar entre 1 y 15 días dependiendo de la falla.

4.3.2. Demora y costo

Las demoras comprenden el tiempo en que la máquina detiene su producción debido a una falla mecánica o eléctrica en el equipo, también comprenden los tiempos en los que se hacen mantenimientos preventivos y correctivos.

Tabla XX. **Cálculo de demora y costo en maquinaria**

Maquinaria	Desde hrs	Hasta hrs	Costo en \$ de máquina parada por hora	Desde \$	Hasta \$
Fallas comunes	0.5	6	200,00	100,00	1 200,00
Mantenimiento preventivo		24	200,00		4 800,00
Mantenimiento correctivo	24	72	200,00	4 800,00	14 400,00
Total	24	386		4 800,00	20 400,00

Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

4.4. Planificación

El Departamento de Planificación juega un papel crucial en cuanto a el cumplimiento de las fechas de entrega con el cliente, aquí es donde se generan los compromisos tomando en cuenta las variables que pueden afectar dicha entrega, dentro del análisis se revela la ausencia de proyecciones de ventas para generar pronósticos de producción, los compromisos son generados con base en la experiencia en el proceso.

Este departamento también está a cargo del inventario de materia prima y materiales, otro aspecto clave para el cumplimiento de entregas, debido a la ausencia de proyecciones, no se tiene un adecuado manejo de inventarios dando como resultados exceso de abastecimiento o puntos de agotamiento.

Adicionalmente hay evidencia de constantes pedidos urgentes, pedidos de último momento y solicitudes atrasadas, todas sumando tiempos de demora que afectan el cumplimiento de entregas con los clientes.

4.4.1. Impacto en cumplimiento

Cuando existen puntos de agotamiento en materiales, las demoras pueden variar entre 3 días hasta 2 meses, el punto de agotamiento de un químico de origen internacional puede parar la producción de cualquiera de los productos. Las solicitudes extraordinarias generan demoras que van entre 1 a 2 días.

4.4.2. Demora y costo

Una demora comprende el tiempo en que la máquina esta parada debido a un cambio en la programación o la mala gestión de inventario.

Tabla XXI. **Cálculo de demora y costo en planificación**

Planificación	Desde hrs	Hasta hrs	Costo en \$ de máquina parada por hora	Desde \$	Hasta \$
Puntos de agotamiento	72	1 440	200,00	14 400,00	288 000,00
Solicitudes extraordinarias	24	48	200,00	4 800,00	9 600,00
Total	96	1 488		19 200,00	297 600,00

Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

4.5. Comparativa de variables

Partiendo de los resultados obtenidos en el análisis de las variables en cuanto a su impacto económico y de tiempo de demoras, se realiza un comparativo para determinar la variable crítica mostrado en la tabla XXII.

Tabla XXII. **Comparativa de variables**

Variable	Demora en horas		Costo en \$	
	Desde	Hasta	Desde	Hasta
Mano de obra	1	48	200,00	9 600,00
Materia prima y materiales	0	108	6 000,00	21 600,00
Maquinaria	24	386	4 800,00	20 400,00
Planificación	96	1 488	19 200,00	297 600,00

Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

4.5.1. **Variable crítica**

Partiendo de la comparativa de las variables del proceso, se puede determinar que el área de Planificación específicamente en el tema de inventario de materiales, esta variable es la que tiene un mayor impacto en el cumplimiento, generando demoras más grandes y de igual manera el costo mayor, resultado que se puede visualizar en la figura 25.

Figura 26. **Gráfico comparativo de variables de proceso**



Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

5. MEJORA DEL PROCESO

5.1. Pronóstico de producción

Partiendo de la comparativa de variables se procede a generar un pronóstico de la producción para el año 2020 tomando en cuenta el comportamiento que se puede visualizar en las figuras 21 y 22, y utilizando como base los datos históricos representados en las tablas XII, XIII, XIV y XV, se puede determinar que la tendencia tiene un comportamiento cíclico a través del tiempo, de esta manera se procede a hacer el cálculo utilizando un suavizado exponencial evaluando los pronósticos para las constantes de alisado $\alpha=0.1$, $\alpha=0.3$ y $\alpha=0.5$, las fórmulas que se utilizan para dicho cálculo son la siguiente:

- $P_n = P_{n-1} + \alpha (D_{n-1} - P_{n-1})$ donde:
 - P_n = Pronóstico de producción que se está calculado.
 - P_{n-1} = Pronóstico del mes anterior.
 - D_{n-1} = Producción del mes anterior.
 - α = Constante de alisado.

Por medio del cálculo del error, el error absoluto y la desviación absoluta mediada DAM se determina el pronóstico que se separa menos de los datos históricos, el cálculo se realiza con las siguientes fórmulas:

- $ERROR = Produccion\ real - Pronóstico.$
- $|ERROR| = Valor\ absluto\ del\ ERROR.$
- $DAM = \frac{\sum |ERROR|}{n}$, donde $n = número\ de\ datos$

En la tabla XXIII, se muestran los datos de la proyección, y se puede observar que la constante de alisado que devuelve el mejor pronóstico es $\alpha=0,5$, generando un DAM = 103 848,50 kg.

Tabla XXIII. **Suavizado exponencial**

Mes	P $\alpha=0,1$	ERROR	ERROR	P $\alpha=0,5$	ERROR	ERROR	P $\alpha=0,3$	ERROR	ERROR
Ene	397 467,2	1 357,4	1 357,4	397 467,2	1 357,4	1 357,4	397 467,2	1 357,4	1 357,4
Feb	397 602,9	32 429,9	32 429,9	398 145,9	31 887,0	31 887,0	397 874,4	32 158,5	32 158,5
Mar	400 845,9	92 420,6	92 420,6	414 089,4	79 177,2	79 17,2	407 522,0	85 744,6	85 744,6
Abr	410 088,0	83 564,1	83 564,1	453 678,0	39 974,1	39 974,1	433 245,3	60 406,8	60 406,8
May	418 444,4	151 083,5	151 083,5	473 665,0	95 862,8	95 862,8	451 367,4	118 160,5	118 160,5
Jun	433 552,8	220 860,1	220 860,1	521 596,5	132 816,4	132 816,4	486 815,5	167 597,4	167 597,4
Jul	455 638,8	288 085,2	288 085,2	588 004,7	155 719,3	155 719,3	537 094,7	206 629,2	206 629,2
Agos	484 447,3	286 223,7	286 223,7	665 864,3	104 806,6	104 806,6	599 083,5	171 587,4	171 587,4
Sept	513 069,7	78 201,2	78 201,2	718 267,6	-126 996,8	126 996,8	650 559,7	-59 288,9	59 288,9
Oct	520 889,8	-68 395,8	68 395,8	654 769,2	-202 275,3	202 275,3	632 773,1	-180 279,1	180 279,1
Nov	514 050,2	-132 361,1	132 361,1	553 631,6	-171 942,5	171 942,5	578 689,3	-197 000,2	197 000,2
Dic	500 814,1	-136 520,3	136 520,3	467 660,4	-103 366,6	103 366,6	519 589,3	-155 295,5	155 295,5
		Σ	1 571 502,9		Σ	1 246 182,0		Σ	1 435 505,5
		DAM	130 958,6		DAM	103 848,5		DAM	119 625,5

Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

El cálculo del pronóstico de producción se utiliza como base para la creación de la explosión de materiales, acorde a los datos del pronóstico se generarán los niveles de inventario adecuados para evitar incumplimientos en las entregas por falta de materiales y lograr bajar el costo del inventario.

Tomando como base las tablas XII, XIII, XIV, XV y el pronóstico de producción de la tabla XXIII, se puede determinar los requerimientos anuales de químicos para cumplir el pronóstico, los cuales son expresados en la tabla XXIV.

Tabla XXIV. **Requerimiento anual proyectado**

Químico	Total en kg
ÁCIDO ACÉTICO GLACIAL	101 850,19
ÁCIDO CÍTRICO	2 063,96
ALPHACLEAR AN	4 996,12
DP FE 5062 CONC	32 763,50
EM 8015 AC	32 380,56
EZ 9020	4 996,12
HIDROSULFITO DE SODIO	87 325,79
LYOCOL RDN LIQ.	17 277,82
PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	54 067,11
PES 2012	12 701,31
REDULIT SD-2	19 847,94
SF 6089 ESP	28 577,94
SODA ASH	257 744,08
SODA CÁUSTICA	139 781,84
SULFATO DE SODIO	485 624,94
TS 1058 L	13 893,56
UNIVADINE TOP	24 905,35
XERPON W	13 893,56

Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

Cuando la empresa genera una requisición de materiales, los tiempos de entrega varían dependiendo de el origen de los productos, en la tabla XVII, se puede visualizar el origen de cada uno de los químicos de línea utilizados, se sabe por información proporcionada por el Departamento de Planificación, que cuando los químicos son de origen internacional, el tiempo de entrega esta entre un mes y medio a dos meses, mientras que cuando son de origen nacional, el tiempo de entrega esta entre tres días a una semana.

Tomando como base datos históricos de entregas de los proveedores HIST1, HIST2, HIST3 e HIST4, se procedió a calcular las políticas de pedido, las cuales están formadas por R_{NR} , R_{SS} y R_{Nmax} , los cuales se calculen se detallan a continuación:

- HIST1, HIST2, HIST3, HIST4 = Representan los registros históricos de tiempos que el proveedor ocupa para hacer las entregas desde que es puesta la requisición, estos están dados en meses.
- R_{NR} = Período de tiempo resultante del promedio de históricos de tiempos de entrega, se calcula mediante la fórmula $R_{NR} = \frac{HIST1+HIST2+HIST3+HIST4}{4}$.
- R_{SS} = resultante de la diferencia entre el histórico mayor y R_{NR} , calculado mediante la fórmula $R_{SS} = HIST\ mayor - R_{NR}$.
- R_{Nmax} = refine el tiempo en que los materiales pueden estar almacenados, la empresa ha definido como un máximo de 4 meses de estadía en planta.

Los resultados de las políticas de pedido se visualizan en la tabla XXV.

Tabla XXV. **Políticas de pedido**

Químico	HIST1 meses	HIST2 meses	HIST3 meses	HIST4 meses	RNR meses	Rss meses	RNMAX meses
ÁCIDO ACÉTICO GLACIAL	1,36	1,55	1,77	1,69	1,59	0,18	4,00
ÁCIDO CÍTRICO	0,21	0,24	0,20	0,15	0,20	0,04	4,00
ALPHACLEAR AN	0,19	0,14	0,18	0,17	0,17	0,02	4,00
DP FE 5062 CONC	1,52	1,32	1,35	1,80	1,50	0,30	4,00
EM 8015 AC	1,35	1,54	1,65	1,56	1,53	0,12	4,00
EZ 9020	1,50	1,34	1,35	1,32	1,38	0,12	4,00
HIDROSULFITO DE SODIO	0,18	0,19	0,18	0,11	0,17	0,02	4,00
LYOCOL RDN LIQ.	1,42	1,35	1,33	1,64	1,43	0,20	4,00
PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	0,14	0,18	0,11	0,24	0,17	0,07	4,00
PES 2012	1,79	1,60	1,41	1,70	1,63	0,16	4,00
REDULIT SD-2	1,57	1,31	1,79	1,67	1,58	0,21	4,00
SF 6089 ESP	1,70	1,35	1,72	1,32	1,52	0,20	4,00
SODA ASH	0,16	0,18	0,11	0,16	0,15	0,03	4,00
SODA CÁUSTICA	0,10	0,13	0,19	0,11	0,13	0,06	4,00
SULFATO DE SODIO	1,36	1,64	1,41	1,70	1,53	0,18	4,00
TS 1058 L	1,30	1,77	1,49	1,73	1,58	0,20	4,00
UNIVADINE TOP	1,30	1,53	1,70	1,41	1,49	0,22	4,00
XERPON W	1,74	1,79	1,43	1,45	1,60	0,19	4,00

Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

A continuación, se procede al cálculo de las variables cuantitativas tomando en cuenta un ciclo de 12 meses, las mismas están conformadas por:

- *Stock* de seguridad: es la cantidad mínima que debemos tener almacenada, esta conforma un colchón que evita que se caiga en puntos de agotamiento, y se calcula mediante la siguiente fórmula:

- $$S.S. = \left(\frac{\text{Cant. Proyectada}}{\text{Ciclo}} \right) * R_{SS}$$

- Nivel de reorden: es el punto en el cual se debe realizar el nuevo pedido de materia prima, se calcula mediante la siguiente fórmula:

- $$N.R. = \left(\frac{\text{Cant. Proyectada}}{\text{Ciclo}} \right) * R_{NR}$$

- Nivel máximo: es el nivel máximo que se debe tener en inventario, está ligado a políticas de la empresa en y características de la materia prima, se calcula mediante la siguiente fórmula:

- $$N_{max} = \left(\frac{\text{Cant. Proyectada}}{\text{Ciclo}} \right) * R_{Nmax}$$

- Cantidad óptima de pedido: es la cantidad que se debe pedir en cada pedido para invertir la menor cantidad de capital en materia prima, se calcula mediante la siguiente fórmula:

- $$Q_{opt} = (2 * S.S.) + N.R.$$

- Existencia 2: representa la cantidad de materia prima que se tiene después de que la cantidad óptima de pedido entra a bodega, se calcula mediante la siguiente fórmula:

- $$Existencia_2 = Q_{opt} + S.S.$$

- Línea teórica de consumo: representa el tiempo en que el pedido ingresara a la bodega de materia prima partiendo del consumo de la existencia actual, se calcula mediante la siguiente fórmula:

- $$LTC_1 = \left(\frac{\text{Existencia}}{\text{Cant. Proyectada}} \right) * \text{Ciclo}$$

- Línea teórica de consumo: representa el tiempo en que el pedido ingresara a la bodega de materia prima después de haber solicitado la Cantidad óptima de pedido, se calcula mediante la siguiente fórmula:
 - $$LTC_2 = \left(\frac{Existencia_2}{Cant. Proyectada} \right) * Ciclo$$
- Tiempo de requisición: es el tiempo en el cual se debe de realizar el pedido partiendo del consumo de la existencia actual, se calcula mediante la siguiente fórmula:
 - $$X_1 = \frac{(LTC_1 * (Existencia - N.R.))}{Existencia - S.S.}$$
- Tiempo de requisición: es el tiempo en el cual se debe de realizar el pedido partiendo del consumo después de que ingreso a bodega la Cantidad óptima de pedido, se calcula mediante la siguiente fórmula:
 - $$X_2 = \frac{(LTC_2 * (Existencia_2 - N.R.))}{Existencia_2 - S.S.}$$

El resultado del cálculo de variables cuantitativas se representa en la tabla XXVI, las cantidades actuales de materia prima se obtienen de la tabla XVII mientras que las cantidades proyectadas se representan en la tabla XXIV.

Tabla XXVI. Cálculo de variables cuantitativas

Químico	S.S. kg	N.R kg	Nmax kg	Qopt kg	Exist 2 kg	LTC1 meses	LTC2 meses	X1 meses	X2 meses
ÁCIDO ACÉTICO GLACIAL	1 510,17	13 530,13	33 950,06	16 550,47	18 060,64	0,87	2,13	0,36	0,58
ÁCIDO CÍTRICO	6,28	34,66	687,99	47,23	53,51	0,15	0,31	0,09	0,12
ALPHACLEAR AN	7,81	71,93	1 665,37	87,55	95,36	1,67	0,23	1,62	0,06
DP FE 5062 CONC	817,52	4 083,74	10 921,17	5 718,78	6 536,30	1,55	2,39	1,12	1,03
EM 8015 AC	332,31	4 122,82	10 793,52	4 787,44	5 119,75	2,42	1,90	1,95	0,40
EZ 9020	50,65	572,61	1 665,37	673,91	724,56	2,92	1,74	2,49	0,39
HIDROSULFITO DE SODIO	180,94	1 221,19	29 108,60	1 583,08	1 764,02	0,15	0,24	0,10	0,08
LYOCOL RDN LIQ.	290,05	2 065,01	5 759,27	2 645,10	2 935,15	0,45	2,04	-0,03	0,67
PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	323,35	758,40	18 022,37	1 405,11	1 728,46	0,24	0,38	0,21	0,26
PES 2012	168,48	1 721,30	4 233,77	2 058,26	2 226,74	3,42	2,10	2,92	0,52
REDULIT SD-2	341,04	2 621,15	6 615,98	3 303,22	3 644,26	0,20	2,20	-0,50	0,68
SF 6089 ESP	469,47	3 623,22	9 525,98	4 562,15	5 031,62	1,60	2,11	1,14	0,65
SODA ASH	696,16	3 249,94	85 914,69	4 642,25	5 338,41	0,14	0,25	0,10	0,11
SODA CÁUSTICA	708,06	1 560,26	46 593,95	2 976,38	3 684,44	0,05	0,32	0,01	0,23
SULFATO DE SODIO	7 083,57	61 852,05	161 874,98	76 019,19	83 102,76	3,07	2,05	2,61	0,57
TS 1058 L	227,23	1 823,56	4 631,19	2 278,03	2 505,26	0,52	2,16	-0,01	0,65
UNIVADINE TOP	447,26	3 084,99	8 301,78	3 979,50	4 426,76	0,08	2,13	-2,73	0,72
XERPON W	214,83	1 854,99	4 631,19	2 284,66	2 499,50	0,00	2,16	0,03	0,61

Fuente: elaboración propia, utilizado Excel.

Es importante notar que se obtienen resultados negativos en la columna de X1, esto representa la falta de químicos disponibles para cubrir la cantidad proyectada generando puntos de agotamiento, estos pueden generar demoras desde tres días hasta dos meses según el origen del químico en cuestión.

Para efectos comparativos, se determina la diferencia en kilogramos de químicos que se tienen actualmente en bodega y la cantidad de químicos que se tendrán después de aplicar el modelo de inventario, donde:

- Existencia 1 = cantidad en kilogramos de cada químico actualmente en la bodega, datos obtenidos de la tabla XVII. Inventario de químicos de línea en bodega.

- Existencia 2 = cantidad en kilogramos de cada químico que tendremos en bodega cuando ya ingreso la cantidad óptima solicitada, este sería la cantidad mayor que mantendríamos en inventario según el modelo.

En la tabla XXVII, se puede visualizar la diferencia en kilogramos de químicos entre el inventario actual y el óptimo.

Tabla XXVII. **Cantidad en kg de Existencia vs. Existencia 2**

Químico	Existencia en kg	Existencia 2 en kg
ÁCIDO ACÉTICO GLACIAL	22 100,24	18 060,64
ÁCIDO CÍTRICO	75	53,51
ALPHACLEAR AN	2 088,57	95,36
DP FE 5062 CONC	12 688,8	6 536,30
EM 8015 AC	19 614,78	5 119,75
EZ 9020	3 645,63	724,56
HIDROSULFITO DE SODIO	3 210,54	1 764,02
LYOCOL RDN LIQ.	1 937,43	2 935,15
PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	3 300,42	1 728,46
PES 2012	10 862,38	2 226,74
REDULIT SD-2	1 000,03	3 644,26
SF 6089 ESP	11 457,14	5 031,62
SODA ASH	9 000,31	5 338,41
SODA CÁUSTICA	1 729,43	3 684,44
SULFATO DE SODIO	372 414,63	83 102,76
TS 1058 L	1 800,57	2 505,26
UNIVADINE TOP	526,63	4 426,76
XERPON W	11,92	249,50
Σ=	477 464,45	149 477,50

Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

Para determinar la cantidad en kilogramos de químicos que se pueden estar adquiriendo de más con la actual gestión, se realiza una diferencia entre el total de inventario actual y el óptimo por medio de la siguiente fórmula:

- $Diferencia = \sum Existencia - \sum Existencia 2$
- $Diferencia = 477\,464,45\text{ kg} - 149\,477,50\text{ kg} = 327\,986,95\text{ kg}$

Se puede observar que la diferencia en kilogramos entre los dos inventarios es grande, por lo que implica una disminución significativa en la cantidad de químicos que se tendrán en bodega.

5.1.1. Comparativa de costo

En la tabla XXVIII, se realiza una comparativa de costo de inventario en la cual se evalúa la cantidad de inventario actual versus la cantidad de inventario óptima, donde:

- $\$/\text{kg}$ = precio en dólares por cada kilogramo de químico
- Existencia = cantidad en kilogramos de cada químico actualmente en la bodega, datos obtenidos de la tabla XVI. Inventario de químicos de línea en bodega.
- Existencia 2 = cantidad en kilogramos de cada químico que tendremos en bodega cuando ya ingreso la cantidad óptima solicitada.
- Costo actual = representa cuando cuesta el inventario que se tiene actualmente en bodega, y está dado por el resultado de la multiplicación entre la Existencia y el $\$/\text{kg}$.
- Costo óptimo = representa cuánto costará el inventario con las cantidades óptimas solicitadas según el modelo de inventarios, y está dado por el resultado de la multiplicación entre Existencia 2 y el $\$/\text{kg}$.

Tabla XXVIII. **Costo de Existencia vs. Existencia 2**

Químico	\$ / kg	Existencia kg	Costo actual \$	Existencia 2 kg	Costo óptimo \$
ÁCIDO ACÉTICO GLACIAL	0,635	22 100,24	14 033,65	18 060,64	11 468,51
ÁCIDO CÍTRICO	0,92	75	69,00	53,51	49,23
ALPHACLEAR AN	1,2	2 088,57	2 506,28	95,36	114,43
DP FE 5062 CONC	1,95	12 688,8	24 743,16	6 536,30	12 745,79
EM 8015 AC	4,64	19 614,78	91 012,58	5 119,75	23 755,63
EZ 9020	4,9	3 645,63	17 863,59	724,56	3 550,34
HIDROSULFITO DE SODIO	0,99	3 210,54	3 178,43	1 764,02	1 746,38
LYOCOL RDN LIQ.	2,8	1 937,43	5 424,80	2 935,15	8 218,43
PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	0,65	3 300,42	2 145,27	1 728,46	1 123,50
PES 2012	2,46	10 862,38	26 721,45	2 226,74	5 477,79
REDULIT SD-2	1,4	1 000,03	1 400,04	3 644,26	5 101,96
SF 6089 ESP	3,05	11 457,14	34 944,28	5 031,62	15 346,44
SODA ASH	0,43	9 000,31	3 870,13	5 338,41	2 295,51
SODA CÁUSTICA	0,46	1 729,43	795,54	3 684,44	1 694,84
SULFATO DE SODIO	0,24	372 414,63	89 379,51	83 102,76	19 944,66
TS 1058 L	3,39	1 800,57	6 103,93	2 505,26	8 492,83
UNIVADINE TOP	3,89	526,63	2 048,59	4 426,76	17 220,08
XERPON W	3,85	11,92	45,89	2 499,50	9 623,06
			326 286,15		147 969,41

Fuente: elaboración propia, utilizando Excel.

La diferencia se representa mediante la siguiente resta:

- $Diferencia = \Sigma Costo actual - \Sigma Costo \acute{o}ptimo$
- $Diferencia = \$ 326 286,15 - \$ 147 969,41 = \$ 178 316,74$

Como se puede observar, la diferencia es amplia y representa un ahorro significativo para la empresa, así como una mejora significativa en las entregas ya que la variable que puede causar dos meses de demora en las entregas se combate con un adecuado manejo de inventario.

5.2. Responsables de la implementación

- Jefe de planificación.
- Encargado de inventarios.

5.3. Control

El control después de la implementación del manejo de inventarios está orientado a poder responder a los comportamientos que pueda presentar la producción debido a causas que no dependan de la empresa, como desastres naturales, suministros energéticos, crisis económicas, pandemias, entre otras.

Lo que el analista debe realizar al ver cambios en el comportamiento de la producción es realizar pronósticos de ciclos más cortos cambiando la variable de Ciclo en el cálculo del pronóstico, puede ser de tres o cuatro meses, esto garantiza que su modelo se ira ajustando constantemente y permitirá, en caso de una variación grande, anticiparse y evitar una compra que genere un nivel de inventario alto.

CONCLUSIONES

1. Dentro del recurso humano, el factor que influye en el incumplimiento de entregas son las intervenciones manuales fuera de proceso establecido y la falta de atención y descuidos a las máquinas.
2. La materia prima tiene 5 principales defectos que influyen directamente en las entregas, la calidad de los químicos auxiliares y colorantes no son un factor que influya en el cumplimiento, por otro lado, el suministro eléctrico genera paros en producción los cuales tienen un impacto directo en el cumplimiento de fechas de entrega.
3. Existen 6 fallas comunes en las máquinas de teñido que pueden causar incumplimientos las cuales están bien identificadas y controladas por el Departamento de Mantenimiento por lo cual la incidencia en el incumplimiento es baja.
4. El manejo de inventarios de materia prima y materiales, las urgencias y solicitudes extraordinarias son las variables que afectan de mayor manera la gestión en el Área de Planificación.
5. Dentro de las variables que intervienen en el proceso de teñido, la que refleja una mayor ponderación negativa sobre el indicador de entregas de producto terminado es la planificación de la producción.

6. El impacto económico generado en la planta por el incumplimiento de alguna solicitud está definido por el tiempo en que pasa parada una máquina más la multa en que incurre la empresa por el incumplimiento.

7. El curso de acción a tomar para disminuir el incumplimiento de entregas con los clientes es atacar las variables que generan la mayor cantidad de demoras, por medio de la implementación del manejo de inventarios, el Departamento de Planificación podrá gestionar de una manera eficiente el área de inventario de materiales.

RECOMENDACIONES

1. Capacitar técnicamente al Departamento de Planificación es de vital importancia para buscar la implementación de controles de manejo de inventarios.
2. Implementar de manera prioritaria el mantenimiento predictivo de los equipos y máquinas para bajar la incidencia de las fallas comunes.
3. Gestionar la capacitación técnica a los operadores por medio de un programa de aprendizaje integral del proceso, orientado al crecimiento dentro de la empresa.
4. Formular un sistema de gestión de solicitudes extraordinarias que permita definir cuáles son realizables y rentables para la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANGLAS VILCHEZ, Leonardo David. *Parámetros de control en las entradas y salidas del proceso de teñido de hilado de algodón*. [en línea]. <<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3598>>. [consulta: 10 de enero 2020].
2. ARMAS SARMIENTO, Katia. *Mejora en el área de tintorería y acabados de telas de una empresa textil peruana empleando simulación*. [en línea]. <<http://hdl.handle.net/20.500.12404/4821>>. [consulta: 12 de diciembre 2019].
3. BARRERO, María. *El consumo del agua en la industria textil*. [en línea]. <<https://www.wearerocket.com/blog/el-consumo-de-agua-en-la-industria-textil>>. [consulta: 10 noviembre 2019].
4. CANDIOTTI QUIPSE, Silvana Alicia Gabriela. *Mejora de procesos en el área de tintorería utilizando la metodología DBR en una empresa textil localizada en Lima – Perú* [en línea]. <<https://hdl.handle.net/20.500.12672/6693>>. [consulta: 10 de enero 2020].
5. FIGUEROA LOS SANTOS, Luis. *Defectos más comunes en tejeduría*. [en línea]. <<https://eurekatextil/defectos-de-tela-provenientes-de-la-tejedura>>. [consulta: 15 de enero 2020].

6. GARCIA MONTES, John Mario. *Diseño de un modelo para un programa de mantenimiento preventivo aplicado a maquinaria de tintorería y acabados en una empresa textil*. [en línea]. <https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/1180/TTE_GarciaMontesJohn_2012.pdf>. [consulta: 14 de noviembre 2019].
7. JUSTO, Juan. *Proceso del teñido de telas*. [en línea]. <<http://www.tintoreriamaldonado.com/el-proceso-del-tenido-de-telas>>. [consulta: 12 de enero 2020].
8. LÓPEZ ORTIZ, Sonia María. *Implementación de puntos críticos de control en el proceso de teñido de telas de algodón en el área de tintorería y acabados de industria textil de Los Altos, S.A.* [en línea]. <<http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2017/02/13/Lopez>>. [consulta: 12 de diciembre 2019].
9. PEÑAFIEL. *Proceso de tintura*. [en línea]. <<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/631/2/capitulo2.pdf>>. [consulta: 12 de noviembre 2019].
10. PERÉN CALEL, Manuel Haroldo. *Mejora de la calidad en la reproducibilidad de color aplicada a fábrica textil* [en línea]. <<http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/4552>>. [consulta: 12 de enero 2020].
11. PÉREZ JUSTO, Carlos. *Auxiliares químicos textiles*. [en línea]. <www.scribd.com/document/128192939/Auxiliares-Quimicos-Textil>. [consulta: 14 de enero 2020].

12. RODRIGUEZ DIEZ, Jorge. *Diseño de un plan de mejoras para optimizar los procesos de tintorería y acabados en Grupo Ovejita*. [en línea]. <<http://repositorios.unimet.edu.ve/docs/74/P.GIG2005R6D5.pdf>>. [consulta: 10 de octubre 2019].

ANEXOS

Anexo 1. **Fórmula para cálculo de pronóstico de producción.**

- $P_n = P_{n-1} + \alpha (D_{n-1} - P_{n-1})$ donde:
 - P_n = pronóstico que se está calculado.
 - P_{n-1} = pronóstico del mes anterior.
 - D_{n-1} = producción del mes anterior.
 - α = constante de alisado.

Fuente: Economipedia. *Suavización exponencial.*

<https://economipedia.com/definiciones/suavizacion-exponencial.html>. Consulta: 12 de noviembre de 2019.

Anexo 2. **Fórmula para cálculo de error y desviación absoluta media.**

- $ERROR = producción\ real - pronóstico.$
- $|ERROR| = valor\ absoluto\ del\ ERROR.$
- $DAM = \frac{\sum |ERROR|}{n}$ donde:
 - n = número de datos.

Fuente: Economipedia. *Suavización exponencial.*

<https://economipedia.com/definiciones/suavizacion-exponencial.html>. Consulta: 12 de noviembre de 2019

Anexo 3. Fórmulas para cálculo de políticas de pedido.

- $R_{NR} = \frac{HIST1+HIST2+HIST3+HIST4}{4}$.
- $R_{SS} = HIST\ mayor - R_{NR}$.

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 131-141

Anexo 4. Fórmulas para cálculo de variables cuantitativas.

- $S.S. = \left(\frac{Cant. Proyectada}{Ciclo} \right) * R_{SS}$
- $N.R. = \left(\frac{Cant. Proyectada}{Ciclo} \right) * R_{NR}$
- $N_{max} = \left(\frac{Cant. Proyectada}{Ciclo} \right) * R_{Nmax}$
- $Q_{opt} = (2 * S.S.) + N.R.$
- $Existencia_2 = Q_{opt} + S.S.$
- $LTC_1 = \left(\frac{Existencia}{Cant. Proyectada} \right) * Ciclo$
- $LTC_2 = \left(\frac{Existencia_2}{Cant. Proyectada} \right) * Ciclo$
- $X_1 = \frac{(LTC_1 * (Existencia - N.R.))}{Existencia - S.S.}$
- $X_2 = \frac{(LTC_2 * (Existencia_2 - N.R.))}{Existencia_2 - S.S.}$

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 148-151