



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

**PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE HILO EN LAS MÁQUINAS DE COSTURA DE LA
LÍNEA DE PRODUCCIÓN “J”, PARA LA CONFECCIÓN DE SUDADEROS
DEPORTIVOS EN LA EMPRESA TEXSUN, S.A.**

Lissa María Ponciano Jurado

Asesorado por la Inga. Sindy Massiel Godínez de Dávila

Guatemala, mayo de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE HILO EN LAS MÁQUINAS DE COSTURA DE LA
LÍNEA DE PRODUCCIÓN "J", PARA LA CONFECCIÓN DE SUDADEROS
DEPORTIVOS EN LA EMPRESA TEXSUN, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LISSA MARÍA PONCIANO JURADO

ASESORADO POR LA INGA. SINDY MASSIEL GODÍNEZ DE DÁVILA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
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. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Juan José Peralta Dardón
EXAMINADORA	Inga. Yocasta Ivanobla Ortíz del Cid
EXAMINADORA	Inga. Sindy Massiel Godínez Bautista
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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:

**PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE HILO EN LAS MÁQUINAS DE COSTURA DE LA
LÍNEA DE PRODUCCIÓN "J", PARA LA CONFECCIÓN DE SUDADEROS
DEPORTIVOS EN LA EMPRESA TEXSUN, S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Industrial, con fecha de 28 de abril de 2017.



Lissa María Ponciano Jurado



Guatemala, 21 de febrero de 2019.
REF.EPS.D.56.02.19

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE HILO EN LAS MÁQUINAS DE COSTURA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN "J" PARA LA CONFECCIÓN DE SUDADEROS DEPORTIVOS EN LA EMPRESA TEXSUN, S.A.**, que fue desarrollado por la estudiante universitaria, **Lissa María Ponciano Jurado** quien fue debidamente asesorada y supervisada por la Inga. Sindy Massiel Godinez Bautista.

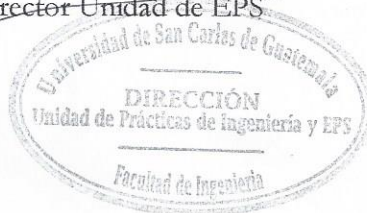
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH /ra





Guatemala, 21 de febrero de 2019.
REF.EPS.DOC.185.02.19.

Ingeniero
Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) de la estudiante universitaria de la Carrera de Ingeniería, **Lissa María Ponciano Jurado, Registro Académico No. 200113099** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE HILO EN LAS MÁQUINAS DE COSTURA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN "J" PARA LA CONFECCIÓN DE SUDADEROS DEPORTIVOS EN LA EMPRESA TEXSUN, S.A.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

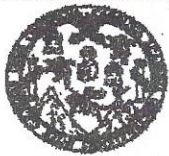
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Sindy Lissel Godínez Bautista
Asesora Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial
Unidad de Ingeniería y EPS

SMGB/ra



REF.REV.EMI.017.019

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE HILO EN LAS MÁQUINAS DE COSTURA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN “J”, PARA LA CONFECCIÓN DE SUDADEROS DEPORTIVOS EN LA EMPRESA TEXSUN, S.A.**, presentado por la estudiante universitaria **Lissa María Ponciano Jurado**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, febrero de 2019.

/mgp



REF.DIR.EMI.072.019

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 **PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE HILO EN LAS MÁQUINAS DE COSTURA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN "J", PARA LA CONFECCIÓN DE SUDADEROS DEPORTIVOS EN LA EMPRESA TEXSUN, S.A.**, presentado por la estudiante universitaria **Lissa María Ponciano Jurado**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR a.i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, mayo de 2019.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

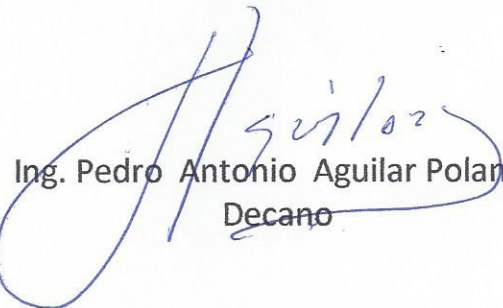


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 221.2019

El Decano 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: **PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE HILO EN LAS MÁQUINAS DE COSTURA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN "J", PARA LA CONFECCIÓN DE SUDADEROS DEPORTIVOS EN LA EMPRESA TEXSUN, S. A.**, presentado por la estudiante universitaria: **Lissa María Ponciano Jurado**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, mayo de 2019

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida y permitirme alcanzar esta meta.
Virgen María	Por su amor y protección.
Mi hijo	Luccas Varela, por ser mi principal motivación. Deseándole una vida llena de amor, alegrías y triunfos.
Mis padres	Verónica Jurado y Bernal Ponciano, por su amor incondicional y sabios consejos.
Mi hermana	Ana Lucía De Maltéz, por ser ejemplo a seguir e inspiración para cumplir mis metas.
Mis amigos	Por la alegría y ayuda durante los años de estudio.

AGRADECIMIENTOS A:

Empresa Textsun, S.A. Por la oportunidad de poner en práctica mis conocimientos en el desarrollo de este trabajo.

**Empresa Freudenberg
Textile Technologies, S.A.** Por su apoyo y comprensión en alcanzar esta meta.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA TEXSUN, S.A.	1
1.1. Reseña histórica.....	1
1.2. Visión	1
1.3. Misión	1
1.4. Estructura organizacional.....	2
1.5. Productos	3
1.6. La industria de confección en Guatemala.....	3
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	11
2.1. Análisis de la empresa	11
2.1.1. Análisis FODA.....	12
2.1.2. Proceso de producción	15
2.1.2.1. Fase de patronaje.....	15
2.1.2.2. Fase de corte.....	18
2.1.2.3. Fase de costeo	23
2.1.2.4. Fase de producción	24
2.2. Descripción actual del proceso de producción en la línea “J”	25

2.2.1.	Descripción del BOM (<i>bill of materials</i>) para el estilo ML005	26
2.2.2.	Mano de obra.....	26
2.2.2.1.	Clasificación de la mano de obra	26
2.2.3.	Descripción de la maquinaria	28
2.2.3.1.	Plana.....	28
2.2.3.2.	Cerradora.....	28
2.2.3.3.	Collaretera	28
2.2.3.4.	Atracadora	29
2.2.3.5.	<i>Overlock</i> de 3 hilos, 4 hilos y 5 hilos	29
2.2.4.	Descripción de la materia prima.....	30
2.2.4.1.	Tela.....	30
2.2.4.2.	Hilo.....	30
2.2.4.3.	Accesorios	31
2.2.5.	<i>Lay out</i> de las líneas de producción.....	32
2.2.6.	Descripción del consumo de hilo por prenda	36
2.2.6.1.	Software Seam Works.....	36
2.3.	Análisis de la línea de producción de capuchón.....	36
2.3.1.	Diagrama de Ishikawa	37
2.3.2.	SAM (<i>standard allowed minute</i>) actual.....	38
2.3.3.	Diagrama de proceso	39
2.3.4.	Eficiencia	41
2.3.5.	Capacidad de producción actual	41
2.3.6.	Recursos.....	42
2.3.6.1.	Materia prima.....	42
2.3.6.2.	Equipo.....	43
2.3.7.	Distribución del hilo	44
2.3.8.	Análisis de costos.....	45
2.3.8.1.	Costos de producción	46

2.4.	Análisis de la línea de producción “J”	46
2.4.1.	Diagrama de Ishikawa para la línea “J”	47
2.4.2.	SAM (<i>standard allowed minute</i>) actual, línea “J”	48
2.4.3.	Diagrama de proceso	50
2.4.4.	Eficiencia.....	52
2.4.5.	Capacidad de producción actual	53
2.4.6.	Recursos.....	53
2.4.6.1.	Materia prima	53
2.4.6.2.	Equipo.....	54
2.4.6.3.	Mano de obra.....	55
2.4.7.	Distribución del hilo.....	56
2.4.8.	Análisis de costos	57
2.4.8.1.	Costos de producción	57
2.4.8.2.	Costos de inventario	58
2.4.8.3.	Costos de transporte	59
2.5.	Propuesta de distribución de hilo en las máquinas de costura	60
2.5.1.	Línea de capuchón	60
2.5.1.1.	Estudio de tiempos	61
2.5.1.2.	Holgura propuesta	61
2.5.1.3.	SAM (<i>standard allowed minute</i>)	66
2.5.1.4.	Diagrama de proceso	66
2.5.1.5.	Eficiencia.....	68
2.5.1.6.	Creación del modelo de programación lineal.....	69
2.5.1.6.1.	Función objetivo.....	71
2.5.1.6.2.	Restricciones	72
2.5.1.6.3.	Distribución de hilos por máquina	78

2.5.2.	Línea “J”	79
2.5.2.1.	Estudio de tiempos	79
2.5.2.2.	Holgura propuesta	80
2.5.2.3.	SAM (standard allowed minute), holgura para la línea “J”	82
2.5.2.4.	Diagrama del proceso	82
2.5.2.5.	Eficiencia	85
2.5.2.6.	Creación del modelo de programación lineal.....	86
2.5.2.6.1.	Función objetivo.....	88
2.5.2.6.2.	Restricciones	88
2.5.2.6.3.	Distribución de hilo por máquina	96
2.5.2.6.4.	Recursos.....	97
2.5.2.6.5.	Proveedores	97
2.5.2.7.	Evaluación de la propuesta	98
2.5.2.8.	Análisis de costos de la propuesta.....	98
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN: CREACIÓN DE UN PLAN DE AHORRO ENERGÉTICO APLICADO A UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.....	101
3.1.	Análisis del consumo actual de energía eléctrica en la planta de producción	102
3.1.1.	Descripción de la situación actual de la luminaria ...	102
3.1.2.	Cálculo del número de luminarias requeridas.....	103
3.1.3.	Gráficos de consumo.....	112
3.2.	Propuesta del plan de ahorro energético.....	113
3.2.1.	Costo al año de consumo eléctrico	117
3.2.2.	Energía consumida en el año con luminaria actual .	118
3.2.3.	Energía consumida en el año con luminaria led	118

3.3.	Evaluación de la propuesta	119
3.4.	Costo de la propuesta	120
4.	FASE DE DOCENCIA, ELABORACIÓN DE UN PLAN DE CAPACITACIONES DE ACUERDO A LAS NECESIDADES QUE SE ENCUENTREN EN LA EMPRESA.....	123
4.1.	Diagnóstico de la situación actual.....	123
4.2.	Plan de capacitación	129
4.3.	Evaluación de la propuesta.....	137
4.4.	Costo de la propuesta	140
	CONCLUSIONES	143
	RECOMENDACIONES.....	145
	BIBLIOGRAFÍA.....	147
	ANEXOS	149

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de Texusun, S. A.	2
2.	Ubicación geográfica de Guatemala	3
3.	Principales exportaciones por producto desde Guatemala.....	4
4.	Cadena de suministro en la industria del vestuario y los textiles de Guatemala.....	5
5.	Ventajas competitivas de la industria	6
6.	Los 10 principales productos de exportación, enero a noviembre 2015, 2016.....	7
7.	Principales destinos de exportación	9
8.	Diagrama de Ishikawa de la empresa Texusun, S.A.	14
9.	Patrón de construcción del estilo ML005.....	16
10.	Proceso de tendido en Texusun, S.A.	18
11.	Proceso de corte en Texusun, S.A.....	19
12.	Proceso de etiquetado en Texusun, S.A.	20
13.	Etiqueta de bulto 46, talla S, correlativo 1578.....	21
14.	Proceso de serigrafía Texusun, S.A.....	22
15.	Proceso producción en la planta de Texusun, S. A.	25
16.	<i>Lay out</i> de la línea de producción de capuchón.....	34
17.	<i>Lay out</i> de la línea de producción “J”	35
18.	Diagrama de Ishikawa de la línea de capuchón.....	38
19.	Diagrama de operaciones actuales de la línea de capuchón	40
20.	Partes de un capuchón para el estilo ML005	43
21.	Diagrama de Ishikawa para la línea “J”	48

22.	Diagrama de operaciones actuales para la línea “J”	50
23.	Diagrama de operaciones para la línea “J”	51
24.	Sudadero ML005.....	54
25.	Esquema de los tipos de holgura	63
26.	Diagrama de operaciones propuesto para la línea de capuchón	67
27.	Ventana 1, WinQSB.....	73
28.	<i>Spreadsheet 1, matrix form</i>	75
29.	Diagrama de operaciones propuesto para la línea “J”	83
30.	Ventana 2, WInSB	91
31.	<i>Spreadsheet 2, matrix form</i>	93
32.	Distribución de luminarias en la planta de producción Texusun, S.A.	101
33.	Clasificación de ambientes del método de cavidad zonal.....	104
34.	Gráfico del consumo de energía en la planta de producción.....	113
35.	Ficha técnica de la luminaria led 40	115
36.	Ficha técnica de la luminaria led 18	116
37.	Ahorro sobre consumo actual.....	119
38.	Vista de la planta y las luminarias	122
39.	Función de la entretela en las playeras polo.....	123
40.	Producto final.....	124
41.	Área de fusión en la empresa Texusun, S.A.....	125
42.	Diagrama de Pareto.....	127
43.	Diagrama de Ishikawa	128
44.	Gráfico de las necesidades de capacitación	129
45.	Capacitación 1.....	138
46.	Capacitación 2.....	139

TABLAS

I.	Principales categorías de exportación.....	8
II.	Análisis FODA de Texsun, S.A.....	12
III.	Matriz de Estrategias	13
IV.	BOM del estilo ML005.....	17
V.	Nomenclatura de tallas	21
VI.	Descripción de los costos para elaborar un sudadero	23
VII.	Clasificación de la mano de obra.....	27
VIII.	Análisis de la línea de capuchón	37
IX.	Control de tiempos actuales en la línea de capuchón.....	39
X.	Eficiencia actual en la línea de capuchón.....	41
XI.	Cantidad de máquinas en la línea de capuchón	43
XII.	Cantidad de personal.....	44
XIII.	Distribución del hilo en las máquinas de la línea de capuchón.....	45
XIV.	Costo de producción, línea de capuchón	46
XV.	Análisis de la línea “J”	47
XVI.	Tiempo actual, línea “J”	49
XVII.	Eficiencia actual, línea “J”	52
XVIII.	Maquinaria, línea “J”	55
XIX.	Cantidad de personas por línea.....	55
XX.	Distribución de hilo, línea “J”.....	56
XXI.	Costos de producción, línea “J”	58
XXII.	Costos de hilo.....	58
XXIII.	Estudio de tiempos propuesto, línea de capuchón.....	61
XXIV.	Holguras recomendadas por ILO.....	64
XXV.	Tolerancia propuesta, línea de capuchón.....	65
XXVI.	Eficiencia propuesta, línea de capuchón	69
XXVII.	Modelo de programación lineal, línea de capuchón	71

XXVIII.	Restricciones, línea de capuchón.....	72
XXIX.	Modelo de programación lineal, línea de capuchón.....	76
XXX.	Solución del problema por medio de programación lineal, línea de capuchón.....	77
XXXI.	Distribución de hilo propuesto, línea de capuchón.....	78
XXXII.	Análisis de costos de hilo de la distribución de hilo actual vs. óptimo, línea de capuchón.....	79
XXXIII.	Estudio de tiempos propuesto, línea “J”	80
XXXIV.	Tolerancia propuesta, línea “J”	81
XXXV.	Eficiencia propuesta, línea “J”	85
XXXVI.	Modelo de programación lineal, línea “J”	87
XXXVII.	Restricciones, línea “J”	88
XXXVIII.	Programación lineal	89
XXXIX.	Modelo de programación lineal, línea “J”	94
XL.	Solución del problema por medio de programación lineal, línea “J”	95
XLI.	Distribución de hilo en la a línea “J”	96
XLII.	Análisis de los costos del hilo de la distribución de hilo actual vs. óptimo, línea capuchón.....	98
XLIII.	Análisis de costos de hilo de la distribución de hilo actual vs. óptimo, línea “J”.....	99
XLIV.	Cantidad de luminarias en el área de producción de la fábrica Texsun, S.A.....	103
XLV.	Niveles de iluminación (lux)	104
XLVI.	Factores de peso de nivel de iluminación	105
XLVII.	Porcentajes de reflectancias según color	108
XLVIII.	Reflectancias efectivas de cavidad del techo (Pcc) y de piso (Pcp)	109
XLIX.	Coeficiente de utilización	110
L.	Consumo energía y costo en luminarias fluorescentes.....	112
LI.	Plan de cambio	114

LII.	Características generales y especiales de la ficha técnica	116
LIII.	Características generales y especiales de la luminaria led 18.....	117
LIV.	Consumo energía y costo en luminarias tipo led.....	117
LV.	Ahorro significativo.....	119
LVI.	Resumen económico de la propuesta	120
LVII.	Frecuencia de problemas	126
LVIII.	Descripción de puesto en el área de fusión.....	130
LIX.	Plan de capacitación, importancia de auditorías de calidad en el área de fusión.....	132
LX.	Plan de capacitación, conocimiento básico de entretelas. Condiciones de fusión y aplicación.....	134
LXI.	Costo Total	141

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm.	Centímetro
US\$	Dólar estadounidense
H	Hilos
H	Hora
Km	Kilómetro
KW	Kilowatts
M	Metro
Min	Minuto
Op.	Operario
%	Porcentaje
Plg.	Pulgada
Q	Quetzales
TE	Tiempo estándar
W	Watts

GLOSARIO

Algoritmo	Secuencia ordenada de pasos para solucionar un problema.
<i>Bill of materials</i> (BOM)	Lista de todos los materiales, proporcionado por el cliente, utilizados para la elaboración de un sudadero.
Entretela	Material elaborado con fibras de poliéster que ayuda a dar firmeza y soporte a una parte específica en una prenda de vestir.
Flecee	Tipo de tela 80 % de algodón y 20 % de poliéster.
<i>Full package</i>	Es el servicio de la compra de las materias primas, corte, manufactura y empaque de las prendas de vestir que ofrece una empresa de confección al cliente.
Inventario	Es la cantidad almacenada de materia prima y productos terminados, que se utilizan para satisfacer la demanda del cliente.
<i>Layout</i>	Método de distribución del espacio utilizado para el ordenamiento físico de la maquinaria en la planta de producción.

<i>Light emitting diode (led)</i>	Diodo emisor de luz. Es un diodo semiconductor que emite luz.
Luminaria	Dispositivo que sirve para aumentar el flujo luminoso. Es medida de la potencia percibida.
<i>Markers</i>	Trazos de los patrones del sudadero adaptado a un ancho y largo específico para optimizar el uso de la tela.
Maximizar	Por medio de un modelo matemático se optimiza la cantidad de hilo utilizado en cada máquina de costura según consumo.
Modelo	Expresión matemática por la cual se estudia un problema o una situación de la vida real.
<i>Placket</i>	Parte de una camisa en donde se colocan los botones.
Producto interno bruto (PIB)	Es el valor total de la producción corriente de bienes y servicios finales dentro del territorio nacional durante un periodo de tiempo determinado, que generalmente es un trimestre o un año.
Programación	Secuencia de eventos sobre una escala de tiempo.

Programación lineal (PL)	Técnica de un modelo matemático utilizada para la administración y toma de decisiones con respecto a la asignación de recursos.
Restricciones	Sistema de inecuaciones del modelo de programación lineal, se asocia con recursos productivos limitados, como el consumo de hilo y la cantidad de hilo por cono.
<i>Standar allowed minute (SAM)</i>	Minuto estándar de costura, el cual sirve para costear una operación y agregar valor económico.
<i>Stock</i>	Nivel de inventario que determina la mejor utilización.
Tratado de Libre Comercio (TLC)	Es un acuerdo entre países que busca facilitar el comercio a través de una serie de normas mutuamente acordadas, claras y estables, que crean derechos y obligaciones de mutuo beneficio para los voluntarios.
Watts	El vatio es la medida de potencia del sistema internacional de unidades. Su símbolo es W.

RESUMEN

La industria textil representa el primer lugar de las exportaciones nacionales, las exigencias en calidad, tiempo y costos son cada vez mayores. Como en toda producción, existe un porcentaje mayor de producción sobre el cual el cliente acepta una orden de producción.

En la industria textil, 3 % o 4 % es aceptable. Es decir, producir más unidades de prendas de las solicitadas por el cliente. Por ejemplo: si una orden del cliente pide confeccionar 3 000 sudaderos, la fábrica puede exportar el +3 % o el +4 % según lo acordado. Ese porcentaje lo determina la fábrica y es obtenido de acuerdo a los materiales utilizados para su confección y la merma permitida optimizando todas sus materias primas reduciendo el desperdicio de cada una.

Las empresas nacionales desean alcanzar los estándares de confección como lo hacen marcas internacionales, permitiendo solamente el 2 %. Obtener el 2 % en la producción significa que la empresa ha logrado optimizar todas sus materias primas en un 98 %, por consiguiente, la bodega de producto terminado reduce sus inventarios sin tener que exportar esas unidades sobrantes de producción con un precio menor al pactado con el cliente. Esta es la importancia para ejecutar el proyecto. Si del total de la compra de hilo se llega a utilizar un 98 %, se estará apoyando a la empresa a lograr su objetivo.

En teoría el costo del hilo representa el 2 % del valor de costo de un sudadero y de esa forma debería estar reflejado en los reportes financieros de la empresa; sin embargo, la realidad es otra. Actualmente, el costo del hilo

representa el 8 % en el valor de la prenda debido a que no existe una forma óptima de distribución. Se compra un porcentaje mayor de hilo solo porque se deben abastecer las máquinas de costura y no retrasar las producciones para rebobinar hilo. Las producciones varían de 2 500 sudaderos a 150 000 sudaderos por temporada. Las temporadas en el año son tres: *spring, fall* y *fall transition*.

El informe final presenta la distribución de hilo en las máquinas de costura; el proyecto está dirigido al estilo ML005; es un estilo de sudadero básico para hombre (capuchón y bolsa delantera) el cual representa el 65 % de la producción. El estudio pretende encontrar la cantidad óptima de hilo a utilizar en cada máquina de coser de las dos líneas de producción: línea de capuchón y línea de producción final “J”; estas son las líneas asignadas para confeccionar este estilo.

Se realizará un cuadro resumen con toda la información: el número de personas, las máquinas en la línea de producción, la cantidad de conos de hilo que debe llevar la máquina de costura y el consumo de hilo de cada operación de costura. También, se realizará un estudio de tiempos en cada línea y evaluación de la holgura actual. Se calcularán las eficiencias en cada línea. Se aplicará el método de programación lineal, que ayuda a determinar por medio de una función objetivo la forma más económica de distribución. El resultado es obtener la opción más óptima de distribuir los conos de hilo en cada máquina.

Para aplicar una producción más limpia se realizará un estudio de ahorro energético por medio de una propuesta de luminaria led. Texusun, S.A. cuenta con un departamento de mantenimiento y sostenibilidad del ambiente, encargado de obtener las certificaciones de seguridad y medio ambiente que exigen los clientes para trabajar con una empresa de confección. Cada aporte

de ahorro y conservación del ambiente hace que la empresa que brinda el servicio de confección sea más competitiva.

El proyecto está enfocado en obtener el ahorro de energía eléctrica por medio del cambio a luminaria led. El tipo de luminarias utilizadas en la planta de producción son de tipo fluorescentes. Se realizó un recorrido por la planta y se realizó el conteo de luminarias actuales. Por medio del cálculo de consumo eléctrico al mes se obtuvo el ahorro en el gasto de energía eléctrica al implementar la nueva luminaria.

Por medio de un análisis de las necesidades de capacitación se realizó un plan de capacitación al personal de la empresa. Se realizó un diagnóstico de la situación actual relacionado a problemas de calidad. Se identificaron los problemas frecuentes para determinar qué tipo de capacitación es necesaria para el personal de Texusun, S.A.

OBJETIVOS

General

Proponer una distribución de hilo óptima en las máquinas de costuras basado en la programación lineal para la confección de sudaderos deportivos en la empresa Texsun, S.A.

Específicos

1. Analizar las causas y los efectos de la mala distribución de hilo en las líneas de producción.
2. Registrar por medio de la toma de tiempos en cada operación de las líneas de producción involucradas y sugerir un tiempo estándar (SAM) por medio de un estudio nuevo de tolerancias.
3. Determinar la cantidad de hilo utilizado en cada máquina para la confección de un sudadero.
4. Establecer la distribución de hilo más económica en cada máquina de costura por medio de la programación lineal.
5. Crear un plan de ahorro energético por medio de un cambio de luminaria led; esto aplicado a una producción más limpia.

6. Elaborar un plan de capacitaciones de acuerdo a las necesidades que se encuentran en la empresa.

INTRODUCCIÓN

Texsun, S.A. es la empresa líder en la confección de sudaderos para hombre, mujer y niño de Guatemala y Centro América. La innovación en sus desarrollos y técnicas de costura son temas de importancia para la empresa; el tiempo de producción y la rapidez de entrega son prioridad y factores a cuidar para conservar su liderazgo en la industria textil. Brindan a sus clientes el servicio completo de confección; más conocido como *full package*; este servicio incluye el corte de la tela, el proceso de manufactura, el empaque y la logística de transporte hasta el lugar de destino. La empresa dedica la confección de sudaderos hacia el mercado internacional; exporta todas sus prendas hacia Estados Unidos.

La empresa compite con la industria de confección de Asia; cuenta con tiempos de entrega mayores debido a la distancia, pero la gran mayoría de proveedores de materias primas tienen sus fábricas allá, por lo que hace el tiempo de producción menor o igual que el de Guatemala. Con la distancia entre USA y Guatemala a favor, se hace necesario un precio de venta competitivo y es donde el consumo de todas las materias primas se hace importante. El proyecto está enfocado en la distribución de conos de hilo en las máquinas de coser. Actualmente, no existe un estudio en la distribución del hilo para optimizar su uso y evitar conos de hilos obsoletos en bodega.

En la confección del sudadero ML005, se utilizan dos tipos de hilos: Tex 40 y Tex 18. Cada uno con costos de diferentes como la cantidad de hilo por cono. La compra se realiza por conos de diferente yardaje cada uno.

La programación lineal es una técnica de modelo matemático que ayuda a la toma de decisiones con respecto a la asignación de recursos. La función objetivo está sujeta al costo de cada uno de los tipos de hilo utilizado. Las limitantes o restricciones la representan la cantidad de hilo por cono que utiliza cada máquina en la línea de producción para funcionar y realizar la operación de costura. El reto es encontrar la cantidad óptima de hilo en cada máquina. Al obtener los resultados, se podrá cuantificar el costo de la situación actual versus el costo con la propuesta.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA TEXSUN, S.A.

1.1. Reseña histórica

Texsun, S.A. inicio sus operaciones en 1974; es una de las empresas pioneras de manufactura en la industria textil. Es una empresa guatemalteca que tiene experiencia en la industria de confección con más de 25 años en la producción de ropa para exportación que produce en paquete completo. Su producción radica en camisas deportivas tipo polo, sudaderos, pants, shorts, entre otros. Confeccionan alrededor de 55 000 prendas semanales. La empresa cuenta con 120 colaboradores en el área administrativa y 740 colaboradores en el área operativa.

La fábrica y las oficinas centrales están ubicadas en la zona 12 de la ciudad de Guatemala. Texsun, S.A. posee una ventaja geográfica para el mercado de USA en comparación con las fábricas de Asia; ya que ofrece un servicio más rápido en las entregas y un departamento de desarrollo que busca innovar y proponer nuevas técnicas de manufactura.¹

1.2. Visión

“Ser una organización líder en la región en soluciones de vestuario para nichos de mercado importantes, que requieran innovación en productos y servicios, generados por un equipo de trabajo de clase mundial”².

1.3. Misión

“Somos una organización sólida, de prestigio, que ofrece soluciones de vestuario practicas e innovadoras, basados en la excelencia operativa, comprometidos con la satisfacción de nuestros clientes y accionistas, el desarrollo de nuestro recurso humano y la responsabilidad social empresarial”³.

¹ Texsun, S. A. *Manual de inducción Texsun, S. A.* p. 3.

² *Ibíd.*

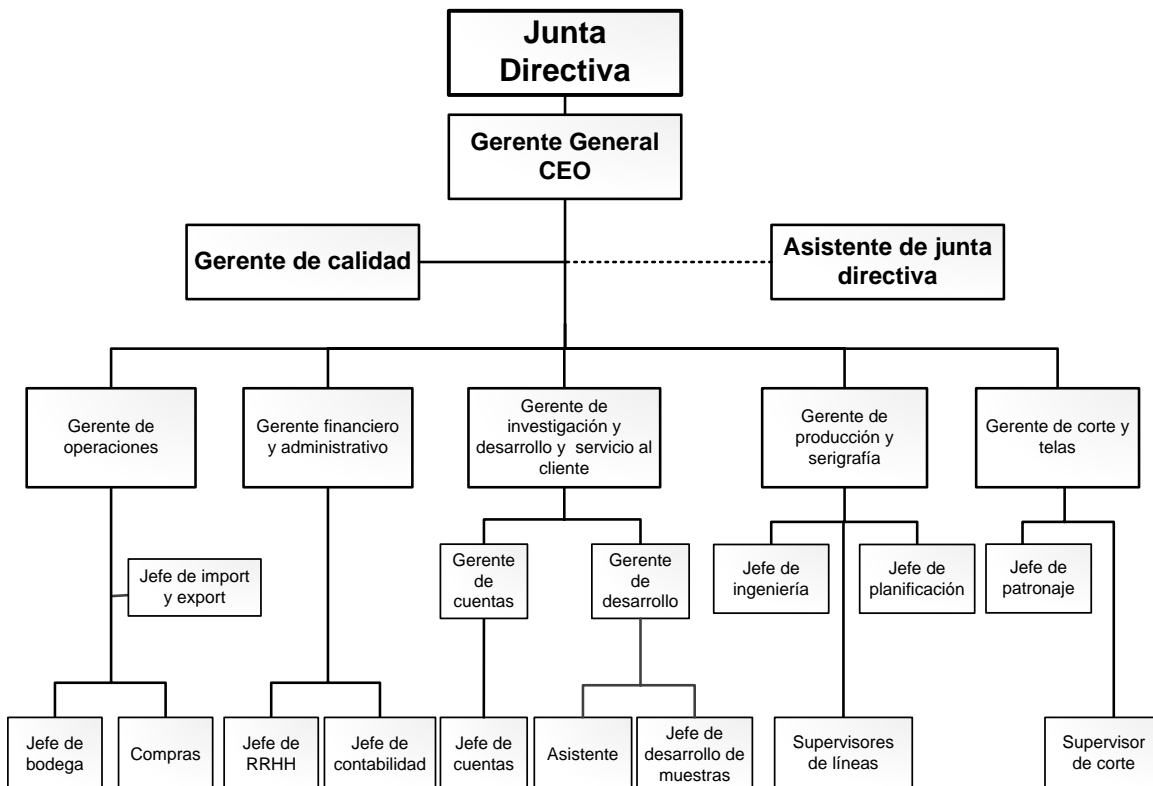
³ *Ibíd.*

1.4. Estructura organizacional

Actualmente, Texusun, S.A. cuenta con una estructura organizacional de tipo funcional. Siempre con las características de un enfoque directivo de arriba hacia abajo, con varios niveles jerárquicos y tareas especializadas.

Es importante tener en cuenta que ningún organigrama puede ser fijo o invariable. Es decir, un organigrama es una especie de fotografía de la estructura de una organización en un momento determinado.

Figura 1. Organigrama de Texusun, S. A.



Fuente: elaboración propia.

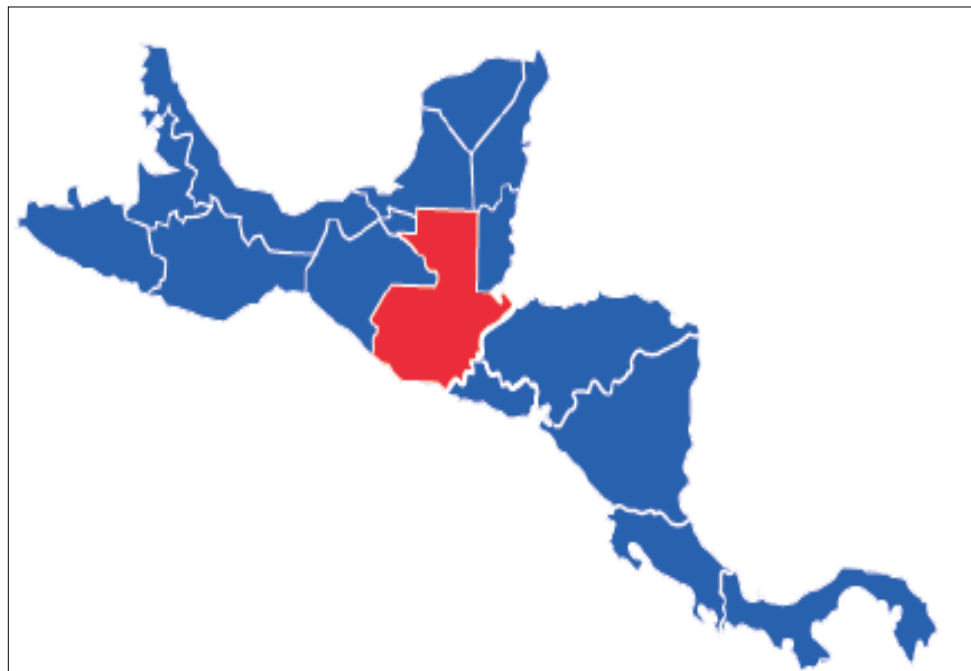
1.5. Productos

La producción total de Texus, S.A. equivale al 70 % en la confección de sudaderos y 30 % en playeras polo. El proyecto se enfocará en un estilo de sudadero para hombre ML005.

1.6. La industria de confección en Guatemala

Guatemala es el país más grande de la región Centroamericana, en términos de producción el PIB es de US\$ 6 379 mil millones y en población alrededor de 16,34 millones de habitantes, según información del Informe de Vestex sobre la industria textil, 2016.

Figura 2. Ubicación geográfica de Guatemala

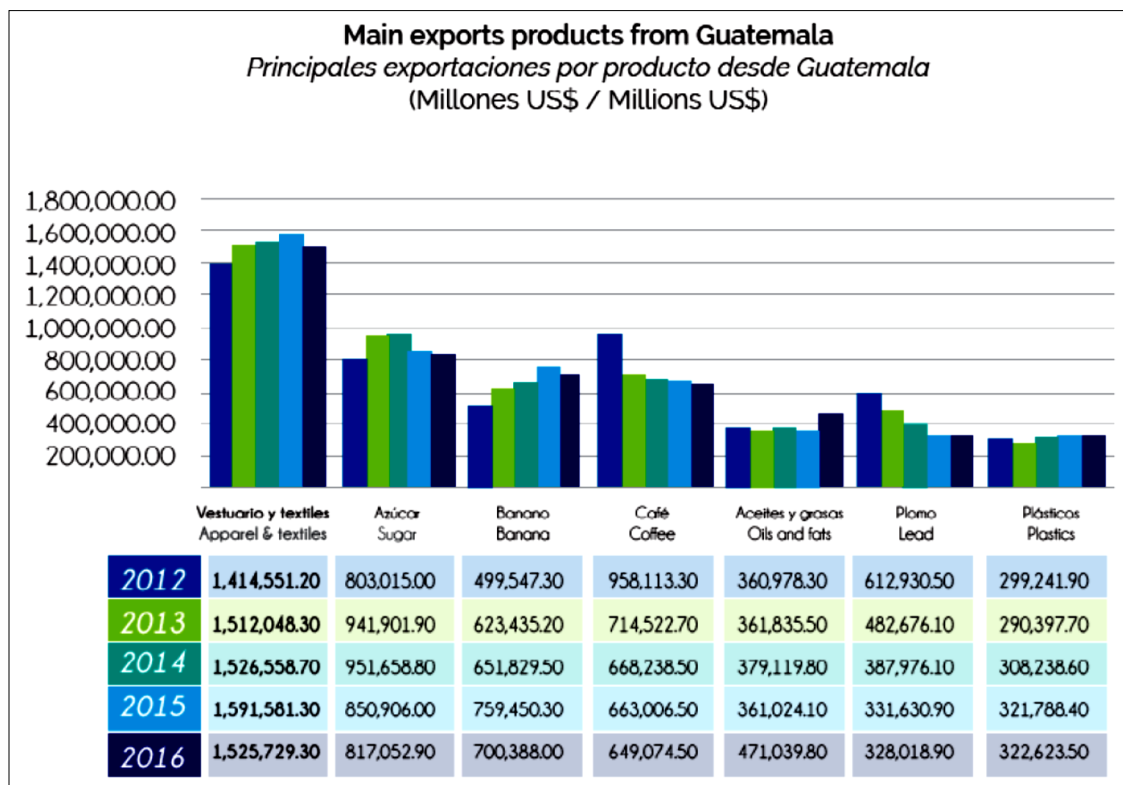


Fuente: VESTEX. *Industria de vestuario y textiles de Guatemala*. p. 2.

Actualmente, el sector del vestuario y de los textiles constituye uno de los más dinámicos en la economía nacional; contribuye considerablemente al crecimiento económico y desarrollo del país. Representa el 8,9 % de la producción nacional (PIB).

Debido a este desarrollo dinámico y eficiente, esta industria es el mayor exportador del país; produce prendas de vestir para prestigiosas marcas en el mundo. En 2016, la industria exportó 1 526 millones de dólares a más de 70 mercados, especialmente los Estados Unidos de América, Centroamérica y México.

Figura 3. Principales exportaciones por producto desde Guatemala

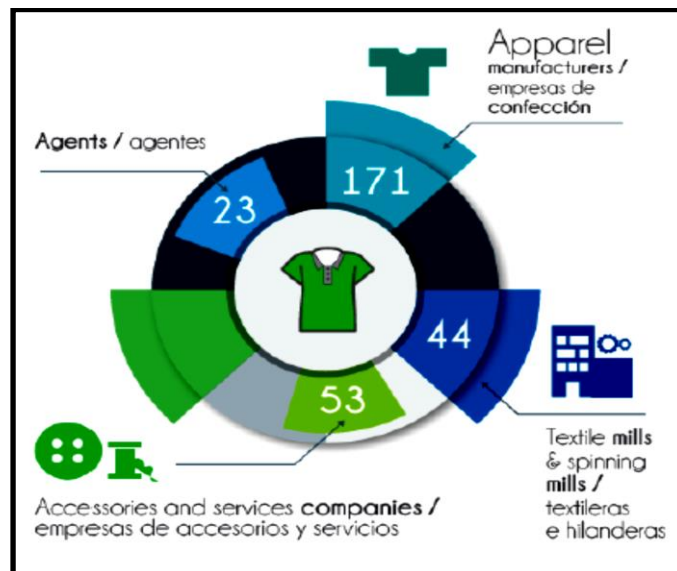


Fuente: VESTEX. *Industria de vestuario y textiles de Guatemala*. p. 3.

Ya que su producción es del 2,5 % y que contribuye con otras industrias relacionadas con el sector es de 6,4 %. La industria genera más de 180 000 empleos directos e indirectos, de los cuales el 46 % es ocupado por mujeres. Más de 280 empresas conforman la cadena de suministros:

- Empresas de confección
- Textileras e hiladoras
- Empresas proveedoras
 - Accesorios: botones, zippers, etiquetas, cordones e hilos
 - Acabados: bordado, sublimación, serigrafía y teñido
 - Servicios: diseño, corte, laboratorio textil, transporte y logística
 - Contratistas

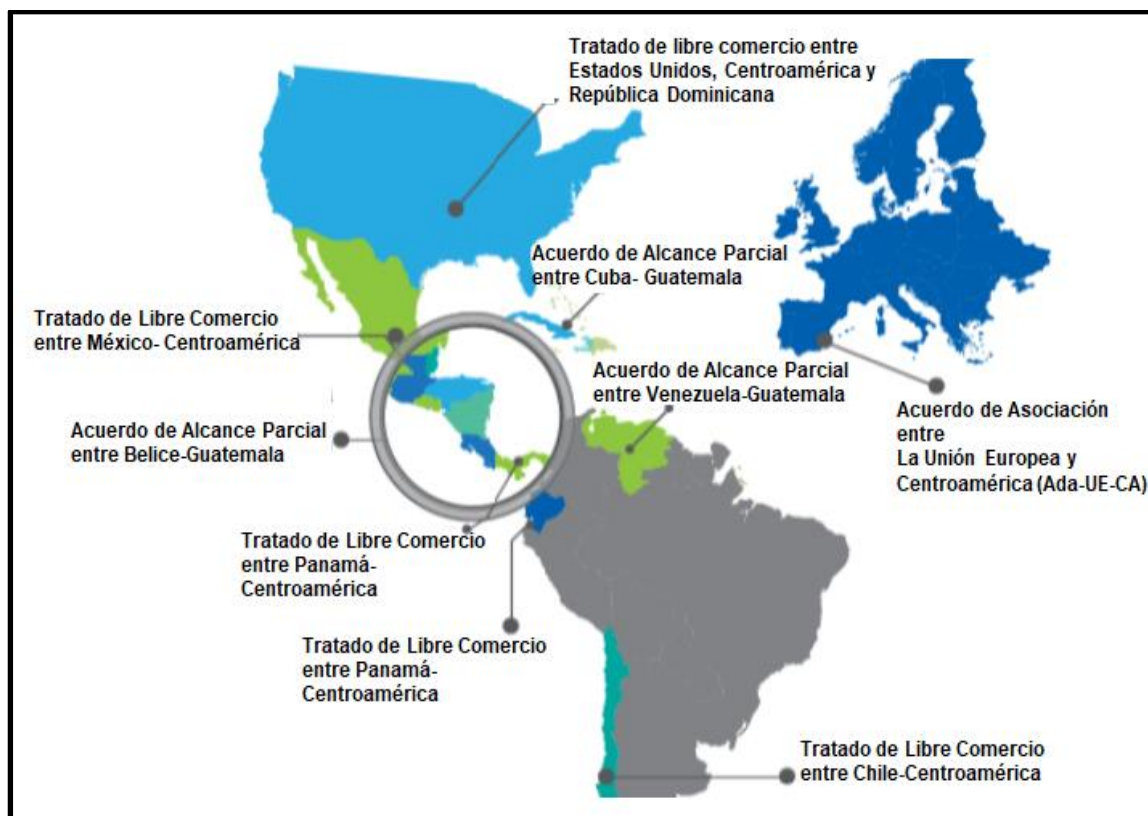
Figura 4. **Cadena de suministro en la industria del vestuario y los textiles de Guatemala**



Fuente: VESTEX. *Industria de vestuario y textiles de Guatemala*. p. 4.

Entre las ventajas competitivas de la industria textil en Guatemala es la ubicación estratégica con acceso a dos océanos. Guatemala es un puente comercial por su cercanía al mayor mercado del mundo: Estados Unidos. La mano de obra calificada y la flexibilidad de volúmenes de producción hacen atractivo realizar producción en Guatemala. El sector textil aprovecha los acuerdos comerciales que han fortalecido su mercado en diversas industrias como Estados Unidos, Centroamérica y México.

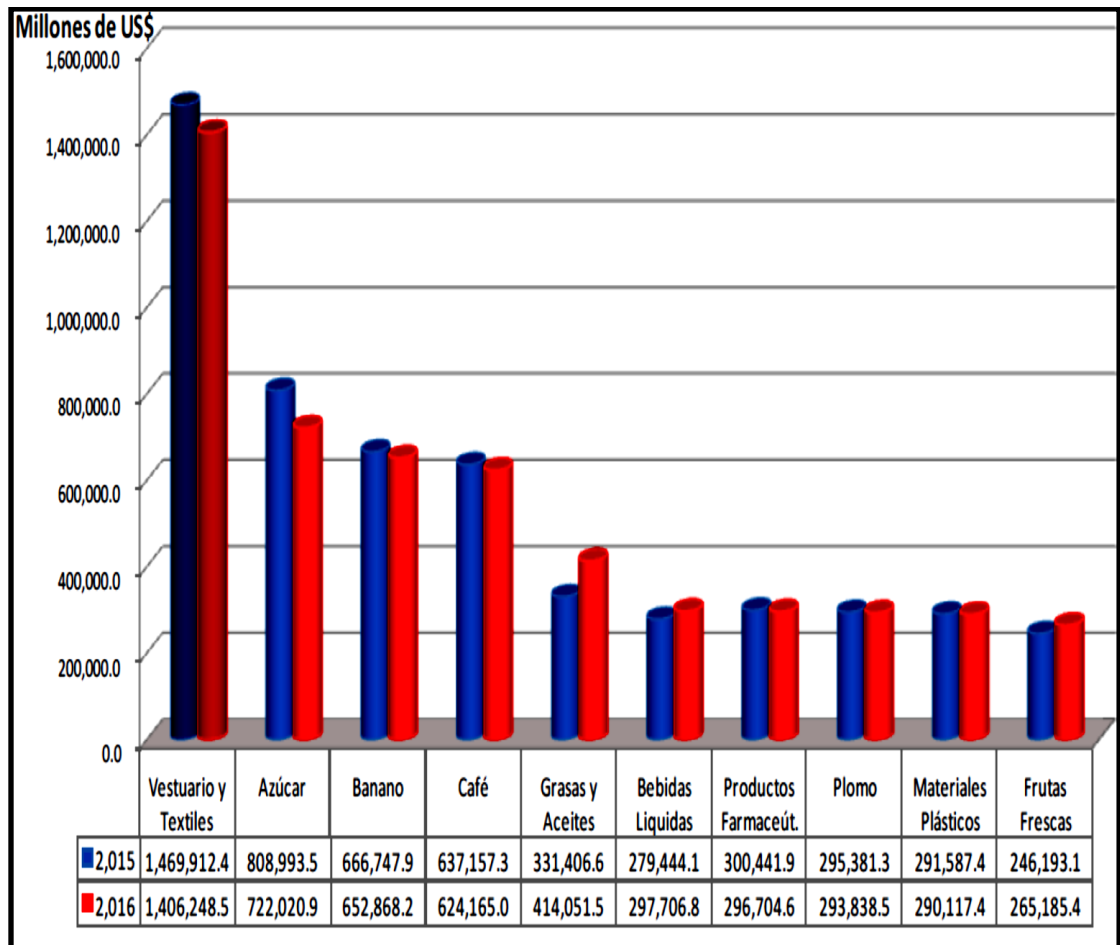
Figura 5. **Ventajas competitivas de la industria**



Fuente: VESTEX. *Industria de vestuario y textiles de Guatemala*. p. 7.

El área textil representa el primer lugar de las exportaciones hacia el mercado americano. Las cifras son expresadas en US\$.

Figura 6. **Los 10 principales productos de exportación, enero a noviembre 2015, 2016**



Fuente: VESTEX. *Industria de vestuario y textiles de Guatemala*. p. 11.

Tabla I. Principales categorías de exportación

TIPO DE PRODUCTO	CODIGO SAC	DESCRIPCION DEL SAC	CODIGO DE CATEGORIA
Prendas de vestir de algodón	61.06.10.00	Blusas polo, camiseras, camisas para mujer de punto de algodón	339
	61.05.10.00	Camisas de algodón de punto para hombre	338
Prendas de vestir de fibra sintética	61.06.20.00	Blusas polo, camiseras, camisas de fibras sintética de punto para mujer	639
	62.04.63.00	Pantalón / pantaloneta de fibras sint. Textiles para hombre y mujer	648
	61.05.20.00	Camisas de fibras sint. O artif, de punto para hombre	638

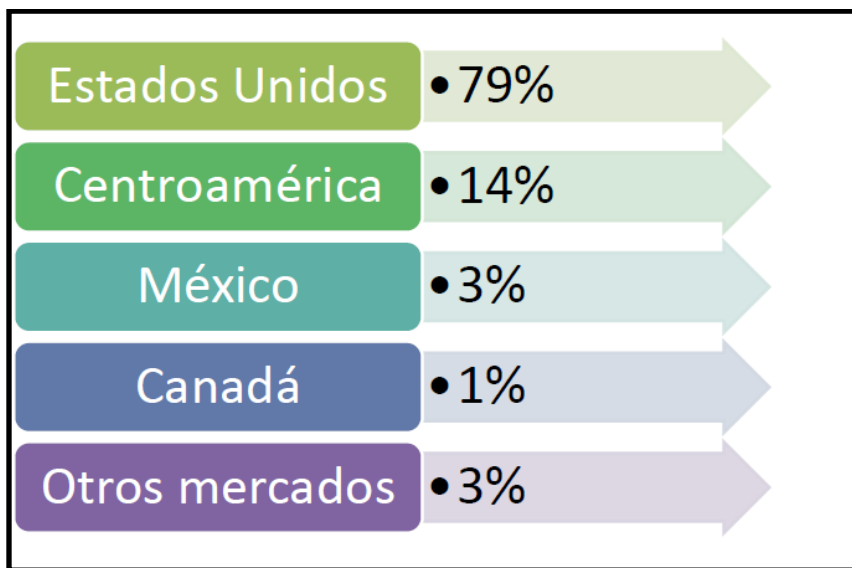
Fuente: VESTEX. *Industria de vestuario y textiles de Guatemala*. p. 12.

Estados Unidos representa el 79 % del total de las exportaciones de vestuario. El 14 % es para Centroamérica, en donde los textiles son utilizados para la confección de prendas de vestir que tienen como mercado final Estados Unidos.

Debido a que es una industria visionaria, que ha servido de base para los modelos exitosos del desarrollo industrial de otras economías del mundo, este sector se ha convertido en una de las mejores alternativas de la región, para completar pedidos de prendas de alta calidad con diseños únicos y diferenciados, mayor valor agregado y flexibilidad.

Anualmente, se organiza una feria internacional llamada Apparel Sourcing Show cuyo objetivo es dar a conocer a todos los integrantes de la cadena de abastecimiento de esta industria. Participan proveedores de accesorios, fábricas de confección, maquinaria de costura y otros.

Figura 7. Principales destinos de exportación



Fuente: VESTEX. *Industria de vestuario y textiles de Guatemala*. p. 15.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Análisis de la empresa

Una planeación estratégica permite a una organización aproximarse a la visualización y construcción de un futuro; se puede conceptualizar como un proceso para determinar los mayores propósitos de una organización y las estrategias que orientarán la adquisición, el uso y el control de los recursos para realizar sus objetivos.

La planeación estratégica consiste en la identificación sistemática de las oportunidades y peligros que surgen en el futuro, los cuales proporcionan la base para que la empresa tome mejores decisiones en el presente. Ello implica la elaboración de múltiples planes para alcanzar su visión y misión.

Con un análisis de la visión y misión de Texsun, ambas están enfocadas en ser la solución de vestuario para grandes marcas por medio de la innovación de sus productos.

Durante la etapa de planificación estratégica se debe contestar cada una de las siguientes preguntas:

- ¿Cómo se puede aprovechar cada fortaleza?
- ¿Cómo se puede explotar cada oportunidad?
- ¿Cómo se puede detener cada debilidad?
- ¿Cómo se puede defender de cada amenaza?

En el siguiente punto se analizará de fondo cada una de estas preguntas. Se realizaron entrevistas a cada departamento de Texsun con el fin de obtener la información necesaria para el siguiente análisis.

2.1.1. Análisis FODA

El análisis FODA es una metodología de estudio de la situación competitiva de una empresa en relación a su mercado y de sus características internas. Se determinan sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Las debilidades y fortalezas son características internas de la empresa; las amenazas y oportunidades son externas y se presentan en su entorno.

Tabla II. Análisis FODA de Texsun, S.A.

Fortalezas	Oportunidades
F1. Conocimiento del mercado de confección. F2. Producto diferenciado en la industria textil. F3. Innovación constante en los diseños de sus productos. F4. Ubicación geográfica estratégica. F5. Ofrecen producir por paquete completo o <i>full package</i> . F6. Amplio grado de conocimiento de las demandas de los clientes. F7. Fabricantes de la tela utilizada en la confección de sudaderos. F8. Se cuenta con un departamento de investigación y desarrollo. F9. Ambiente laboral agradable. F10. Personal con experiencia en la industria textil.	O1. Crecimiento y posicionamiento en el mercado de confección de sudaderos en Latinoamérica. O2. No existen tratados de libre comercio entre USA y China. O3. Los proveedores de materia prima en la industria textil cuentan con experiencia en negociaciones para marcas globales.

Continuación de la tabla II.

Debilidades	Amenazas
D1. El departamento de ingeniería aún está en desarrollo. D2. Incremento en el inventario de materias primas por diversidad de colores que se utilizan en la confección. D3. Las materias primas demoran tres meses en llegar a Guatemala. D4. No existe un control sobre el intercambio de materias primas entre bodegas. D5. Existe un solo proveedor de hilo aprobado para la confección de sudaderos.	A1. Fuerte competencia en la industria de confección de sudaderos en Asia. A2. Los precios de las materias primas provenientes de China tienden a reducir. A3. La moda y las nuevas tendencias en el mercado, provoca constantes cambios de estilos y colores de los sudaderos.

Fuente: elaboración propia.

El objetivo de este proyecto es optimizar el uso del hilo. Actualmente, no existe un control sobre la compra y su distribución en máquinas, lo que ocasiona el mal cálculo en el precio de venta de una unidad producida; y para ser competitivos en el mercado de confección esto se convierte en una amenaza. También, genera aumento de *stock* obsoleto en la bodega. La siguiente tabla muestra las estrategias derivadas de este análisis.

Tabla III. **Matriz de estrategias**

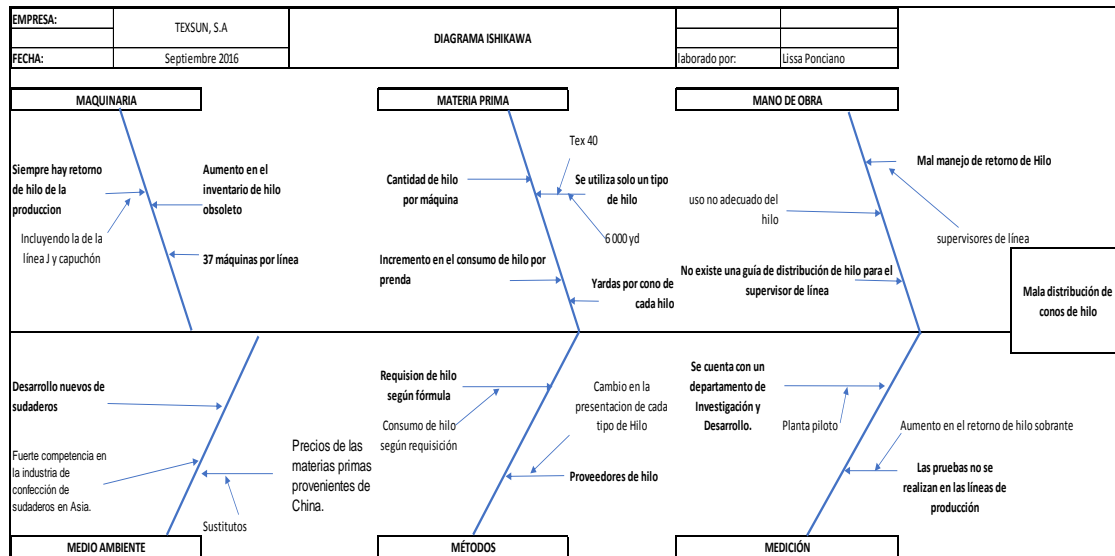
FO (maxi - maxi) Estrategia para maximizar tanto las F como las O .	FA (maxi - mini) Estrategia para maximizar las F y minimizar las A .
Desarrollar propuestas de sudaderos con las materias primas utilizadas en otras producciones. (F1, F2, F3, F8, F9, F10, O1). Fomentar la flexibilidad en las negociaciones con los proveedores en relación a tiempos y mínimos de compra. (F4, F5, F6, O3).	Aumentar la competitividad por medio de la adecuada utilización de las materias primas disponibles en bodega. (F7, A2, A3). Incorporar nuevos métodos de producción que ayuden a reducir el tiempo de producción y en consecuencia los costos directos. (F1, F5, A1).

Continuación de la tabla III.

DO (mini - maxi) Estrategia para minimizar las D y maximizar las O.	DA (mini - mini) Estrategia para minimizar tanto las A como las D.
<p>Aportar al departamento de Ingeniería el personal necesario para ayudar al área de producción. (D1, O1).</p> <p>Buscar nuevos proveedores de materias que hagan más eficiente la cadena de suministros. (D3, D4, D5, O2, O3).</p>	<p>Crear un nicho de mercado nuevo que logre eliminar las mermas de materia prima que quedan en el inventario. (D2, D4, A4).</p>

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Diagrama de Ishikawa de la empresa Textsun, S.A.



Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Proceso de producción

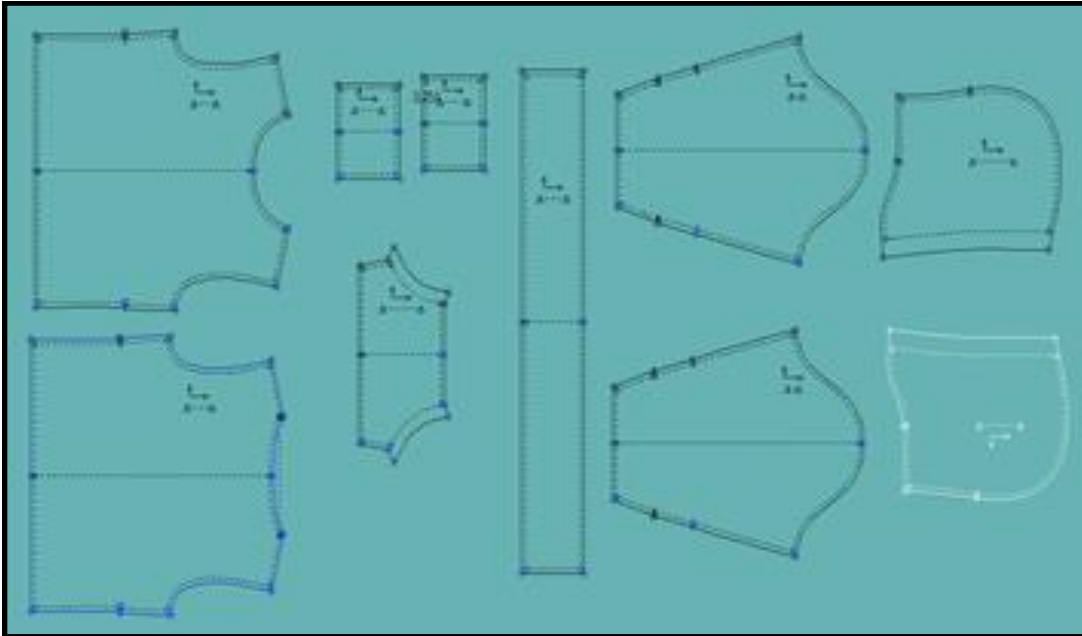
El proceso de producción es aquel que describe todas las fases involucradas para llevar a cabo una orden de corte. A continuación, se muestran las fases de dicho proceso de producción en la línea “J” para la confección de sudaderos deportivos de la empresa; inicia con la fase de patronaje, luego la fase de corte, la fase de costeo y, por último, se describe la fase de producción.

2.1.2.1. Fase de patronaje

El departamento está conformado por 3 personas los cuales están a cargo de la realización de los patrones de corte y costura enviados por el cliente. En el proceso de desarrollo se realizan varias muestras que se confeccionan y se envían al cliente para una aprobación final que dará inicio a la producción. La fábrica conserva una prenda igual o copia para realizar modificaciones al momento en que el cliente envía sus comentarios y así se reduce el tiempo de respuesta para enviar las próximas muestras.

Los patrones son trazos de las piezas que conforman un sudadero. Son hechos con la ayuda de un programa de computadora. Sirven de moldes para cortar la tela que se empleará en la confección, poseen las medidas reales de cada pieza del sudadero.

Figura 9. **Patrón de construcción del estilo ML005**



Fuente: elaboración propia.

Descripción de las fases para el desarrollo de las muestras:

- Proto Sample 1,2 y 3: estas son las primeras prendas confeccionadas que sirven para definir detalles en las medidas. Están sujetas a cambios y son necesarias para afinar detalles de colores, costura, serigrafía y accesorios y cambios en el patrón original.
- Fit Sample: esta prenda de muestra es opcional en donde el cliente desea cambiar por completo el talle de la prenda. Se hace en casos en donde el cliente final no está satisfecho con la prenda.
- PP Sample: llamada también muestra de preproducción. Es la prenda que una vez aprobada por el cliente servirá de estándar para producción.

- Size Set Sample: son todas las tallas que el cliente aprobará para la producción. Empieza desde 2XS hasta 6XL.

Quando el cliente aprueba la PP simple y el Size Set Sample estas se trasladan a producción. La persona responsable de la cuenta o llamado también *product manager* genera una BOM (*bill of materials*) en el sistema el cual describe cada uno de los materiales a utilizar. Luego se envían los patrones al área de producción y se generan los *markers* para el departamento de corte.

Tabla IV. BOM del estilo ML005

BILL OF MATERIALS							(SET D: 19-24 of 30)					
Material	Quality Details	Supplier / Article # / Size	Price	Qty	Placement	TNF Red-TNF Black KZ3	Sequoia Red Heather-Sequoia Red DDP	TNF Medium Grey Heather-TNF White GAZ	TNF Red-Asphalt Grey 6SJ	Conquer Blue Heather-Monument Grey WQG	Falcon Brown-TNF Black SDE	
Knit L3KJ 1X1 RIB w/ ELASTANE- OVERDYE HEATHERS - ACCOMPANY WEB L3KI	48% Polyester, 47% Cotton, 5% Spandex / 265.0g / 30.0ne / 30.0denier // 58.0 in cuttable	TEXTILE COLOR REAL CSA 3881R	\$3.180 yd LIST	0.0 yd #	Shell B (colored heathers): rib	(Excluded)	Sequoia Red Light Heather	TNF Medium Grey Heather	(Excluded)	Conquer Blue Light Heather	(Excluded)	
Knit L3KK SINGLE JERSEY - SOLIDS - HOOD LINING AND POCKET BAGS	100% Cotton / 185.0g / 20.0ne / 0.0TBD // 72.0 in cuttable	TEXTILE COLOR REAL CSA 4881	\$2.780 yd LIST	0.0 yd \$0.000	Shell C: hood lining	TNF Black	Sequoia Red	TNF White	Asphalt Grey	Monument Grey	TNF Black	
Trim												
Narrow Goods KRQ1 Polyester herringbone tape 3/8 INCH	Woven Tape / 100% Polyester	TEJIDOS EL SOL CVA-10-1SP Neck Tape	\$0.080 yd LIST	0.0 yd \$0.000	neck tape	TNF Black	Sequoia Red	TNF White	Asphalt Grey	Monument Grey	TNF Black	
Cord KRKQ Spun Polyester Draw Cord	// TBD	TEJIDOS EL SOL 228201-108#1	\$0.110 yd LIST	0.0 yd \$0.000	hood drawcord	TNF Black	Sequoia Red	TNF White	Asphalt Grey	Monument Grey	TNF Black	
Thread HCNC Coats Astra (sized) is a lubricated super high tenacity 100% staple spun polyester thread.	Sewing /	COATS GLOBAL SEWING THREAD 40	\$0.000 yd LIST	1.0 yd \$0.000	needle thread	DTM Ground/ THREAD	DTM Ground/ THREAD	DTM Ground/ THREAD	DTM Ground/ THREAD	DTM Ground/ THREAD	DTM Ground/ THREAD	

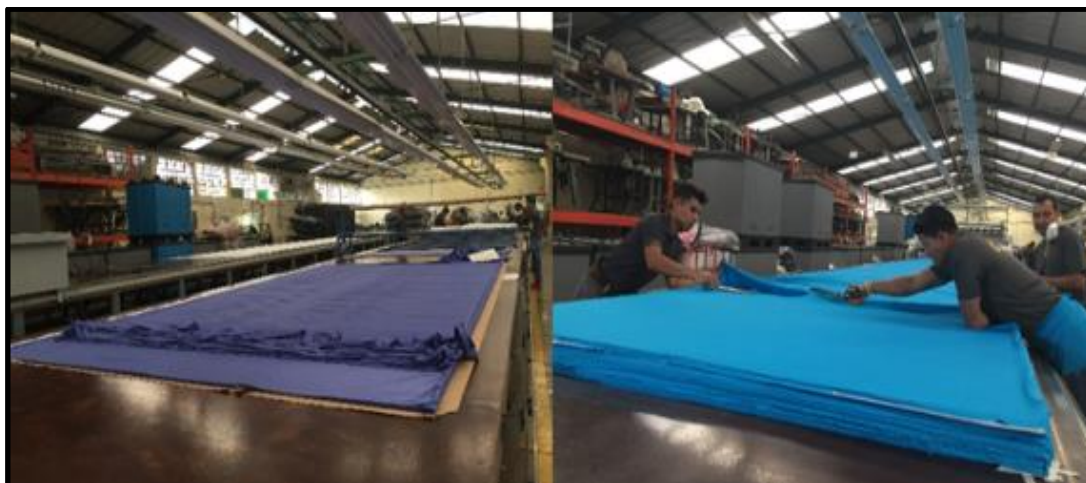
Fuente: elaboración propia.

2.1.2.2. Fase de corte

Cuando el departamento de patronaje genera los *markers* estos son trasladados al departamento de corte. Los *markers* son trazos de las diferentes piezas que utiliza un sudadero distribuidos de manera óptima en la tela. Por lo general, el ancho de la tela es de 72 pulgadas, el largo del trazo dependerá de la cantidad de prendas a producir. El proceso de corte pasa por las siguientes fases:

- **Tendido:** se llama así al proceso de desenrollar la tela y colocarla o tenderla en una mesa larga de corte. Puede realizarse de forma manual o automática. Algunas telas, por su construcción, necesitan reposar o relajarse para lograr un tendido exitoso y evitar pliegues o arrugas inesperadas al momento de cortar. Los operarios son responsables de revisar que el *marker* que coincida con el ancho de la tela y que todas las piezas que indica el trazo queden dentro del área de la tela.

Figura 10. **Proceso de tendido en Texsun, S.A.**



Fuente: elaboración propia.

- Corte: cuando el trazo ya está pegado en la última capa de tela o el último tendido se procede a cortar. Se utilizan máquinas especiales de corte con cuchillas afiladas para realizar cortes perfectos que no den problemas posteriores en producción.

Al finalizar, los operarios llenan una orden de corte la cual describe el total de prendas cortadas por talla. En la parte superior se coloca toda la información relacionada con el estilo.

Figura 11. **Proceso de corte en Texsun, S.A.**



Fuente: elaboración propia.

- Etiquetado: es el proceso de etiquetar cada una de las piezas cortadas. Su principal razón es identificar por medio de un *sticker* (ver figura 13) el número de bulto, la talla cortada y el correlativo al que pertenecen las piezas; esto es para conservar la misma tonalidad de color de la tela con la pieza opuesta de la prenda. Por ejemplo: cuerpos del sudadero (frente y posterior), mangas (derecha e izquierda) y capuchón (parte expuesta y forro).

Figura 12. **Proceso de etiquetado en Texsun, S.A.**



Fuente: elaboración propia.

Al terminar el proceso de etiquetado, se empacan los bultos y se envían a serigrafía o a costura. Texsun, S.A. tiene una nomenclatura para la asignación de talla, el cual se describe a continuación.

Tabla V. **Nomenclatura de tallas**

Talla	Código de etiqueta
2XS	00
XS	0
S	1
M	2
L	3
XL	4
2XL	5
3XL	6
4XL	7
5XL	8
6XL	9

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Etiqueta de bulto 46, talla S, correlativo 1578**



Fuente: elaboración propia.

- Serigrafía: corte traslada los bultos de las piezas que llevarán serigrafía. La serigrafía es el proceso de colocar, por medio de pintura para tela,

imágenes del diseño o marca aprobadas por el cliente. Se utilizan máquinas especiales para serigrafía llamadas 'pulpos', de 8 hasta 12 cabezas. Una vez colocada la imagen pasan por máquinas de calor para sellar la pintura en la tela y evitar que este se deteriore fácilmente con el uso y lavado. Es imprescindible utilizar materiales de primera calidad para evitar rechazos posteriores. Por lo general, el cliente solicita certificados de calidad a las fábricas que venden pinturas para serigrafía.

Figura 14. **Proceso de serigrafía Texsun, S.A.**



Fuente: elaboración propia.

2.1.2.3. Fase de costeo

Conocer los costos involucrados en la producción de un producto es una actividad de alta importancia para las empresas. Una de las principales razones por las cuales se establecen sistemas de contabilidad es que proveen un atajo hacia este costeo y generan una estructura para vigilar y controlar el costo de diversos productos. En Texsun, S.A., los costos para elaborar un sudadero se describen en la siguiente tabla.

Tabla VI. Descripción de los costos para elaborar un sudadero

Customer	XXX
Style	ML005
Description	M MID-WEIGHT COTTON PULLOVER HOODIE
Delivery Location	FOB Guatemala
Fabric Description	32734
Yield %	1.55
SAM (min)	15.5792
	COST
	Fabric Cost Garment
	Trims
	Embellishments
	Cut / Make
	Package
	Freights
	Direct Cost
	Seconds 2%
	Total Direct Cost
	Gross Margin 12%
	Total Price US\$ / unit (Fob Guatemala)

Fuente: elaboración propia.

Para conocer el costo final del producto es necesario conocer el porcentaje de rendimiento de la tela (*yield*) así como el SAM (*standard allowed minute*) de la línea que produce dicho estilo. El SAM que está registrado en el sistema es de 15,2792 minutos por sudadero. Para obtener el costo en US\$ por unidad de prenda, Texsun, S.A. los divide de la siguiente manera:

- Costos de materia prima: tela, accesorios (*zippers*, botones, *twill tape*, entretela, entre otros.) y los acabados (serigrafía o corte en láser).
- Costos de producción: corte, manufactura y empaque.
- Costo de manejo de producto: fletes internos de materia prima.

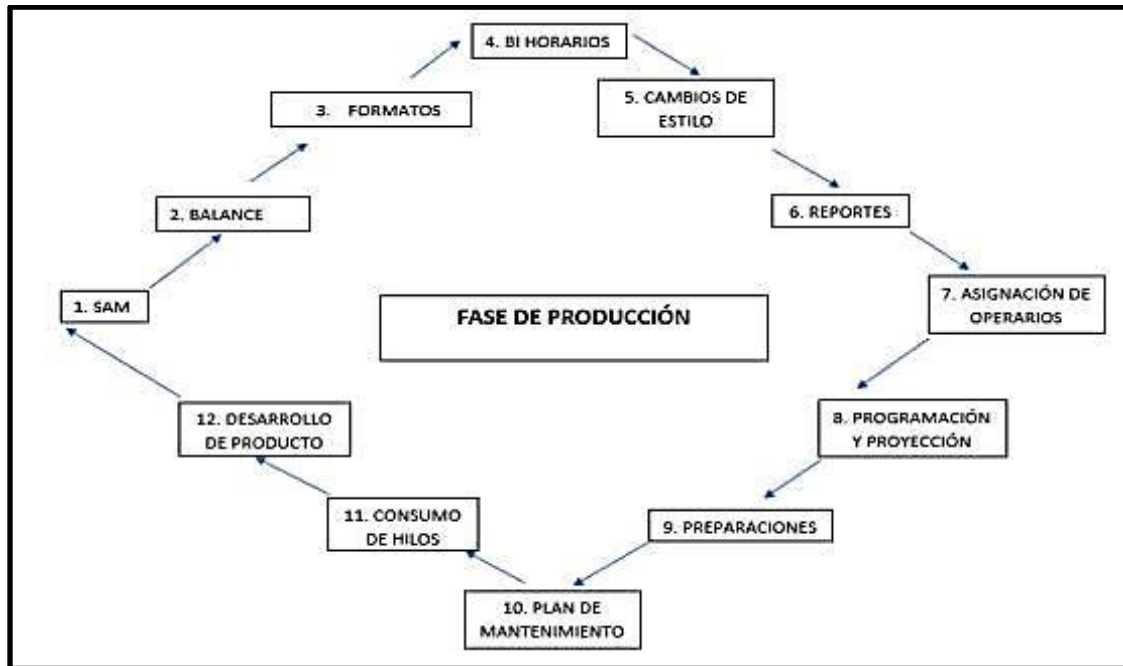
2.1.2.4. Fase de producción

El proceso de producción en la empresa Texsun, S.A. empieza al definirse un SAM (*standard allowed minute*), proporcionado por el departamento de ingeniería el cual realiza un estudio de tiempos por operación. Al determinar el SAM el departamento de ingeniería revisa y realiza un balance de la línea para cada estilo de sudadero.

Se generan los formatos y reportes necesarios para entregarlo a los supervisores de línea al existir un cambio de estilo. Estos formatos describen la cantidad de operarios por línea y la distribución de la maquinaria. El departamento de planeación utiliza esta información para la programación y proyección de producción y coordinar todas las materias primas necesarias para realizar una orden de producción.

Como son dos líneas involucradas para realizar un sudadero (la línea de capuchón y la línea "J") es importante considerar el consumo de hilo y generar el menor desperdicio posible. Se repite el proceso cuando se hace algún desarrollo nuevo.

Figura 15. Proceso producción en la planta de Texsun, S. A.



Fuente: elaboración propia.

2.2. Descripción actual del proceso de producción en la línea “J”

En el siguiente apartado se describe la situación actual del proceso de producción en la línea “J”, se muestra la descripción del BOM (*bill of materials*) para el estilo ML005; a su vez, es importante resaltar el personal de mano de obra, seguidamente se describe la maquinaria que se utiliza, así como la descripción de materia prima; también, la distribución de la maquinaria en las líneas y, por último, se plantea la descripción del consumo de hilo por prenda dentro de la empresa Texsun, S.A.

2.2.1. Descripción del BOM (*bill of materials*) para el estilo ML005

El BOM es una lista de materiales en donde se describen todos los componentes que llevará una prenda de vestir. El BOM es generado por el cliente; la fábrica responsable de la producción deberá seguir y cumplir todos los requerimientos descritos.

El BOM describe el proveedor autorizado para todos los componentes, las cantidades y el código o ítem de referencia de ese artículo; algunos casos indican los precios de referencia acordado entre el cliente y suplidor de los componentes. El BOM empieza describiendo todas las materias primas (tela, hilos, accesorios, entre otros.), etiquetas y el tipo de empaque primario y secundario.

2.2.2. Mano de obra

La mano de obra es uno de los factores más importantes que intervienen en la elaboración de un producto, por lo que se tiene especial cuidado en encontrar al personal que labora en la empresa en las diferentes áreas.

2.2.2.1. Clasificación de la mano de obra

La mano de obra que labora en Texusun, S.A. para la línea de producción “J” está clasificada como: personal operativo que incluye un supervisor de línea, 37 personas en línea: 10 personas con operación manual, 27 personas que operan una máquina.

Tabla VII. Clasificación de la mano de obra

	Operación	Operarios	Tipo de operación
1	Marcar posición de bolsa	1	Manual
2	Rueda bolsa	1	Operativo
3	Limpieza bolsa	1	Operativo
4	Coser inferior de la bolsa	1	Operativo
5	Coser superior de la bolsa	1	Operativo
6	Sobrecoser bolsa	1	Operativo
7	Atraque de bolsa	1	Operativo
8	Unir hombro	1	Operativo
9	Sobrecoser hombros	1	Operativo
10	Coser manga	2	Operativo
11	Sobrecoser mangas	2	Operativo
12	Cerrar costados con cerradora	3	Operativo
13	Dar vuelta	1	Manual
14	Pegar puño	1	Operativo
15	Sobrecoser puños	1	Operativo
16	Pegar banda	1	Operativo
17	Sobrecoser banda	1	Operativo
18	Piquete en cuerpo y vuelta	1	Manual
19	Dar vuelta y colocar capuchón	1	Operativo
20	Ensamblar capuchón	2	Operativo
21	Pegar etiqueta de talla y dar vuelta	1	Operativo
22	Coser <i>Twill Tape</i>	1	Operativo
23	Sobrecoser <i>twill tape</i> 1/16"	1	Operativo
24	Sobrecoser cuello 1/4"	1	Operativo
25	Inspección y despite	4	Manual
26	Pegar etiqueta lateral	1	Operativo
27	Doblar y embolsar	2	Manual
28	Empacar (scanner)	1	Manual
		37	

Fuente: elaboración propia.

Texsun, S.A. tiene una rotación baja de personal; en 2016 la rotación fue de un 4 % para un total de 950 de personal operativo que cuenta la empresa. Esto significa que es mano de obra calificada con experiencia en costura y máquinas de costura.

2.2.3. Descripción de la maquinaria

En la industria de confección de prendas de vestir es necesario contar con maquinaria adecuada para cada tipo de costura y que requiera minimizar los tiempos de producción de una prenda. Texsun, S.A. utiliza equipo común para la confección de sudaderos: máquinas de costura planas, collareteras, atracadoras y *overlok* de 3, 4 y 5 hilos.

2.2.3.1. Plana

Realiza costuras cerradas con un máximo de dos agujas. La máquina plana de una aguja es utilizada para realizar operaciones como colocar etiquetas, sobre costuras, cerrar puños, banda, entre otros. Realiza un total de 6 a 18 puntadas por pulgada y para su funcionamiento utiliza dos hilos, uno en el carrete exterior y otro en la bobina interna que permite la puntada requerida para la confección del sudadero. La máquina plana de dos agujas se utiliza para hacer el ruedo de la bolsa o sobre costuras en las mangas.

2.2.3.2. Cerradora

Posee varias agujas y su función es realizar costuras de unión de dos telas en donde se necesita resistencia en la puntada. Por medio de puntadas francesas cierran los costados del sudadero.

2.2.3.3. Collaretera

Estas máquinas son muy similares a las máquinas recubridoras, son utilizadas para realizar cuellos o mangas, es decir, para trabajar sobre sectores curvos. Sirven para realizar sobre costuras de hombros, mangas, banda y

puños. Así como para realizar el ruedo de la bolsa. Realiza de 6 a 18 puntadas por pulgada.

2.2.3.4. Atracadora

La función que cumplen estas máquinas es afirmar los extremos de las piezas que están montadas en el sudadero. Por ejemplo: la bolsa delantera (tipo canguro) y para evitar que se deshilachen las puntas de las cintas que van dentro de los ojales del capuchón. Trabaja en forma de zig zag con una puntada consistente y firme. Realiza de 16 a 22 puntadas por pulgada. Utiliza dos hilos, uno en el carrete externo y otro en la bobina interna.

2.2.3.5. Overlock de 3 hilos, 4 hilos y 5 hilos

También conocida bajo el nombre de remalladora. Estas máquinas son utilizadas para evitar que las costuras se deshilachen ya que realizan puntadas sobre las costuras. Existen tres tipos de estas máquinas: *overlock* de 3, 4 y 5 hilos. Las máquinas *overlock* de tres hilos se utilizan para unir diferentes piezas del sudadero como forro del capuchón, limpieza de bolsa y de capuchón. Realiza de 6 a 22 puntadas por pulgada según lo requiera el cliente.

La máquina posee un botón diseñado para graduar las puntadas por pulgada. Utiliza tres hilos los cuales brindan fuerza y seguridad en una costura, además posee una cuchilla que corta los excesos de tela, es por eso que es una máquina muy versátil e indispensable en la industria de confección. Las máquinas de 4 y 5 hilos sirven para las mismas operaciones que la máquina *overlock* de 3 hilos, pero su puntada es más segura y ancha. Las operaciones que utilizan estas máquinas son unión de hombros, coser mangas, banda y puños.

2.2.4. Descripción de la materia prima

Son todos aquellos elementos que intervienen propiamente en la elaboración del sudadero y son descritos en el BOM, es decir, la tela, el hilo y los accesorios que se utilizan en la producción de la línea “J” para la confección de sudaderos deportivos de la empresa objeto de estudio.

2.2.4.1. Tela

El tipo de tela utilizado en la elaboración del sudadero ML005 es un *fleece* teñido de peso medio de 250 g, con composición 70 % de algodón y 30 % de *polyester*, justo la tela adecuada para la elaboración de productos que se fabrican.

2.2.4.2. Hilo

Los hilos de coser se han desarrollado y diseñado para pasar a través de una máquina de coser rápidamente. Forman puntadas eficientes sin que se rompan o se distorsionen durante la vida útil del producto. La función básica de un hilo es ofrecer estética y buen desempeño en puntadas y costuras.

El cliente es quien decide qué tipo de hilo desea utilizar en la prenda. Por otro, es válido que la fábrica proponga opciones al cliente, pero este debe ser aprobado por el cliente antes de iniciar cualquier producción. El proveedor autorizado para su confección es la compañía de hilos estadounidense Coats. Los hilos utilizados en la confección del sudadero ML005 son:

- Hilo Tex 40: Coats describe este hilo de la siguiente manera: es un hilo de poliéster de hilado básico, con desempeño de cosido

significativamente más alto comparado con hilos regulares. Es el mejor en su clase. Otra definición: es un hilo excepcional en su tipo con desempeño de cosido confiable donde importan costos.

- Hilo Tex 18: Coats describe este hilo de la siguiente manera: es un hilo de poliéster texturizado de filamento continuo. Los filamentos texturizados le dan al hilo una sensación suave y cómoda. Fabricado especialmente para costuras que tienen contacto con la piel. Proporciona alta extensibilidad y resistencia de que da buenas características de seguridad y bajo encogimiento de costura, misma que asegura que no haya distorsión de costura después del lavado.

2.2.4.3. Accesorios

- Etiquetas: para la confección de sudaderos se utilizan tres tipos de etiquetas: talla, marca y contenido.
 - Etiquetas de talla: es una etiqueta tejida y se coloca al coser el *twill tape* que une el capuchón y la parte trasera del sudadero. Esta etiqueta contiene la talla que va desde la 2XS hasta la 6XL. También, contiene el país de origen de la prenda. En este caso es: Made In Guatemala.
 - Etiqueta de marca: es una etiqueta tejida que se coloca en la parte superior de la etiqueta de talla. Es una etiqueta importante ya que indica la marca del cliente.
 - Etiqueta de contenido: es una etiqueta no tejida y se coloca en el costado izquierdo dentro del sudadero. Esta etiqueta es obligatoria

para la exportación de prendas, ya que describe el contenido de la tela y las instrucciones de lavado.

- Cinta elástica: es una cinta transparente hecha de TPU de ¼” de ancho. Su función principal es brindar un refuerzo extra a la costura de los hombros. Esta cinta se coloca en la máquina *overlock* y se cose en la operación de unir hombros.
- *Twill tape*: es una cinta tejida de ¼” de ancho que se coloca en la unión del capuchón y la parte trasera del sudadero. Es un accesorio que le da mejor apariencia a la prenda.
- Ojetes: aros de metal que se colocan en ambos lados del capuchón, específicamente en lados inferiores. Sirven para introducir la cinta que ajustará el tamaño del capuchón.
- Empaque: un sudadero se maneja con un material de empaque primario y un secundario.
 - Empaque primario: bolsas de plástico ajustadas al tamaño del sudadero.
 - Empaque secundario: cajas de cartón que contienen 24 sudaderos doblados y se empacan según talla.

2.2.5. Lay out de las líneas de producción

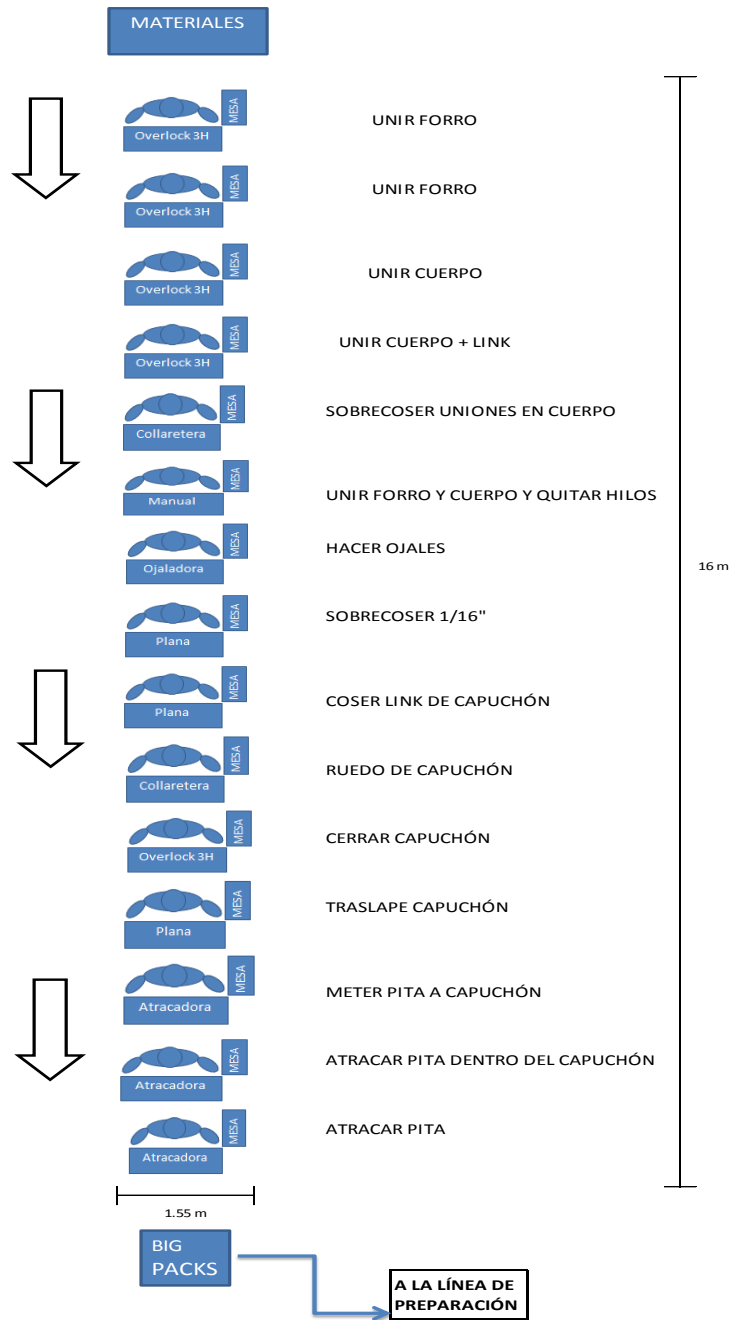
Un *lay out* indica la distribución de la maquinaria y las secuencia en las operaciones para un proceso. Ayuda a colocar de una mejor manera la

maquinaria y facilita el proceso al tener un cambio en los estilos que se confeccionen en esa línea. A continuación, se realizó el *lay out* para cada una de las líneas.

- Línea de capuchón

Figura 16. **Lay out de la línea de producción de capuchón**

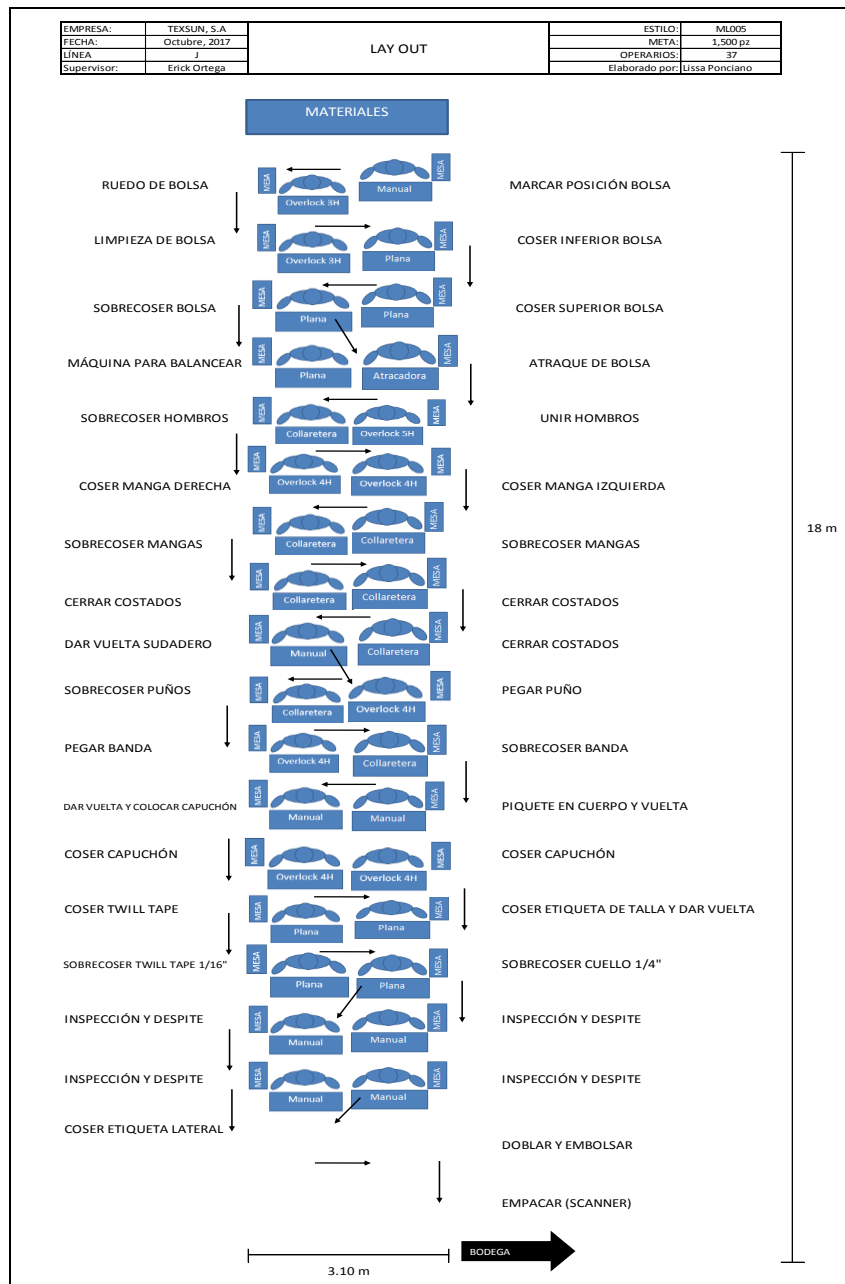
EMPRESA:	TEXSUN, S.A	LAY OUT	ESTILO:	ML005
FECHA:	Octubre, 2017		META:	1,800 pz
LÍNEA:	Capuchón		OPERARIOS:	17
Supervisor:	Kimberly Pineda		Elaborado por:	Lissa Ponciano



Fuente: elaboración propia.

- Línea J

Figura 17. **Lay out de la línea de producción “J”**



Fuente: elaboración propia.

2.2.6. Descripción del consumo de hilo por prenda

Texsun, S.A. cuenta con un programa para el cálculo de hilo de prenda. En este se van ingresando todas las costuras que lleva la confección de sudaderos. Se coloca la longitud de la costura y el tipo de máquina a utilizar. El proveedor de hilo fue quien proporcionó a Texsun, S.A. esta herramienta.

2.2.6.1. Software Seam Works

Es un software diseñado para calcular de forma acertada el costo del hilo y reducir o incluso eliminar el desperdicio. El programa indicará cuántos conos de hilo necesita para cada operación de costura para mejorar el proceso de abastecimiento de hilo.

Seamworks puede ayudar a reducir hasta 15 % de los costos de compra de hilos reduciendo el desperdicio. Es un hecho que el 65 % del hilo que compra es utilizado en el sudadero. El 35 % restante es desperdicio operativo: 10 % desperdicio permitido de la operación y 10 % por hilo que se queda en los conos después de la corrida de producción. El 15 % restante es el desperdicio que se debe a sobre pedido.

2.3. Análisis de la línea de producción de capuchón

A continuación, se muestra el diagrama de Ishikawa que se utilizó como herramienta para el análisis de la línea de producción de capuchón; así mismo, se muestran los tiempos estándar de la realización de una operación de la costura y seguidamente se muestra el diagrama de proceso; la eficiencia del personal en esta área y, por último, se demuestra la capacidad de producción actual.

2.3.1. Diagrama de Ishikawa

Conocido también como diagrama de causa y efecto, es un método para definir la ocurrencia de un evento no deseable o problema; es decir, efecto como la cabeza del pescado, e identificar los factores que contribuyen, esto es las causas, como las espinas que salen de las vértebras del pescado. Se aplicó esta técnica al supervisor de línea de capuchón. Se eligió a esta persona ya que es quien recibe el problema y debe abastecer sus máquinas para lograr la meta del día.

Por medio de la técnica de los 5 '¿por qué?' se identificó la causa raíz que ayudó a elaborar el diagrama de Ishikawa. Esta técnica consiste en realizar sucesivamente esta pregunta '¿por qué?' con el objeto de poder tomar las acciones necesarias para erradicarla y solucionar el problema.

El número cinco no es fijo y hace referencia al número de preguntas a realizar, de esta manera se trata de ir preguntando sucesivamente '¿por qué?' hasta encontrar la solución, sin importar el número de veces que se realiza la pregunta. Previamente se hizo un recorrido en la planta en donde se analizó el proceso de producción y se realizaban preguntas de rutina a los operarios y/o personas involucradas en el abastecimiento y recepción de hilo.

Tabla VIII. **Análisis de la línea de capuchón**

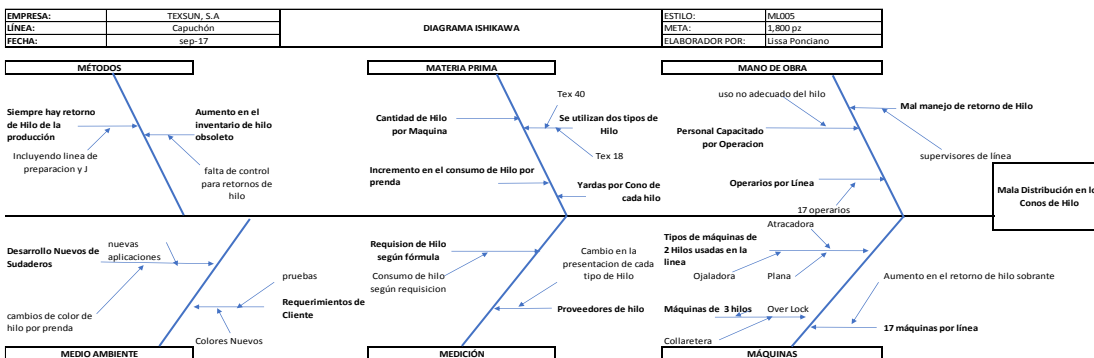
Análisis 5 "¿Por qué?"	
Empresa: Texusun	Realizado Por: Lissa Ponciano
Línea: Capuchón	Fecha: octubre 2017
Realizado A:	Beberly Mendizabal
Problema:	Inventario de hilo obsoleto

Continuación de la tabla VIII.

1	¿Por qué hay hilo obsoleto en bodega?	Porque es el retorno de producción
2	¿Por qué hay retorno de la producción?	Porque está mal calculado
3	¿Por qué está mal calculado?	Porque la requisición así lo pide
4	¿Por qué lo pide así?	Porque solo considera el consumo y no la cantidad de máquinas en la línea.
	Causa raíz:	Mala distribución de conos de hilos en las máquinas de costura.

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Diagrama de Ishikawa de la línea de capuchón



Fuente: elaboración propia.

2.3.2. SAM (standard allowed minute) actual

SAM, por sus siglas en inglés *standard allowed minute*, es el tiempo estándar de realización de una operación de costura. El tiempo estándar es el tiempo requerido para que un operario en tiempo normal, plenamente calificado y adiestrado, y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo una operación. Se obtiene al sumar los tiempos asignados en la elaboración de un sudadero. La tabla describe los tiempos actuales por operación más un porcentaje de

holgura. Texsun, S.A. considera un 14 % de holgura para cada una de las operaciones.

Tabla IX. **Control de tiempos actuales en la línea de capuchón**

EMPRESA:	TEXSUN, S.A	CONTROL DE TIEMPOS		MÉTODO		ACTUAL
FECHA:	Octubre 2017			ESTILO:	ML005	
LÍNEA:	CAPUCHÓN			META:	1800 pz	
Supervisor :				MIN AL DÍA:	500	
<div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">Tolerancia Actual</div> <div style="font-size: 20px; margin: 0 10px;">↓</div> </div>						
				Tiempo Normal		Tolerancia: 14%
	OPERACIÓN	OPERARIOS	Tipo de Operación	PROMEDIO TIEMPOS (sec)	PROMEDIO TIEMPOS (min)	Tiempo Estandard SAM (Min)
1	Unir Forro	2	Operativo	10,20	0,170	0,194
2	Unir Cuerpo (flecee)	1	Operativo	14,75	0,246	0,280
3	Unir Cuerpo (flecee) + Link	1	Operativo	14,75	0,246	0,280
4	Sobrecooser uniones en cuerpo	1	Operativo	14,00	0,233	0,266
5	Ensamblar 1 y 2 y quitar hilo	1	Manual	14,00	0,233	0,266
6	Cerrar Capuchon - Unir forro a cuerpo	1	Operativo	10,40	0,173	0,198
7	Colocar entretela y cortar hilos	1	Manual	13,33	0,222	0,253
8	Hacer ojales	1	Operativo	16,40	0,273	0,312
9	Sobrecooser a 1/16	1	Operativo	16,00	0,267	0,304
10	Coser Link de capuchón	1	Operativo	16,00	0,267	0,304
11	Ruedo de capuchón	1	Operativo	18,00	0,300	0,342
12	Cerrar capuchón	1	Operativo	11,40	0,190	0,217
13	Traslape Capuchón	1	Operativo	13,33	0,222	0,253
14	Meter pita a capuchón	1	Operativo	14,67	0,245	0,279
15	Atracar pita dentro del capuchón	1	Operativo	15,20	0,253	0,289
16	Atracar pita	1	Operativo	10,00	0,167	0,190
		17			3,707	4,226

Fuente: elaboración propia.

2.3.3. Diagrama de proceso

Se utiliza un diagrama de proceso de operaciones para representar de forma gráfica las secuencias de las operaciones y actividades necesarias para elaborar un capuchón.

Figura 19. Diagrama de operaciones actuales de la línea de capuchón



Fuente: elaboración propia.

2.3.4. Eficiencia

Se refiere a la razón entre el tiempo actual observado y el tiempo establecido de la línea. La línea cuenta con un tiempo establecido SAM, el cual es de 4,59 min. Mientras que el tiempo actual observado es de 4,226 min. La razón entre ambas es de 0,92. La eficiencia es de 92 %.

Tabla X. Eficiencia actual en la línea de capuchón

EMPRESA:	TEXSUN, S.A	CÁLCULO DE EFICIENCIA		MÉTODO	ACTUAL	
FECHA:	Octubre 2017			ESTILO:	MLO05	
LÍNEA:	CAPUCHÓN			META:	1800 pz	
Supervisor:				MIN AL DÍA:	500	
LÍNEA: CAPUCHÓN				Tolerancia: 14%		
	OPERACIÓN	OPERARIOS	PROMEDIO TIEMPOS (sec)	PROMEDIO TIEMPOS (min)	Tiempo Estandar SAM (Min)	Unidades por Día SAM Actual
1	Unir Forro	2	10,20	0,170	0,194	2580
2	Unir Cuerpo (flecee)	1	14,75	0,246	0,280	1784
3	Unir Cuerpo (flecee) + Link	1	14,75	0,246	0,280	1784
4	Sobrecoser uniones en cuerpo	1	14,00	0,233	0,266	1880
5	Ensamblar 1 y 2 y quitar hilo	1	14,00	0,233	0,266	1880
6	Cerrar Capuchón - Unir forro a cuerpo	1	10,40	0,173	0,198	2530
7	Colocar entretela y cortar hilos	1	13,33	0,222	0,253	1974
8	Hacer ojales	1	16,40	0,273	0,312	1605
9	Sobrecoser a 1/16	1	16,00	0,267	0,304	1645
10	Coser Link de capuchón	1	16,00	0,267	0,304	1645
11	Ruedo de capuchón	1	18,00	0,300	0,342	1462
12	Cerrar capuchón	1	11,40	0,190	0,217	2308
13	Traslape Capuchón	1	13,33	0,222	0,253	1974
14	Meter pita a capuchón	1	14,67	0,245	0,279	1794
15	Atracar pita dentro del capuchón	1	15,20	0,253	0,289	1731
16	Atracar pita	1	10,00	0,167	0,190	2632
		17		3,707	4,226	2 011
				SAM LÍNEA ESTABLECIDO POR TEXSUN	SAM CAPUCHÓN ACTUAL	EFICIENCIA
				4,59	4,226	92%

Fuente: elaboración propia.

2.3.5. Capacidad de producción actual

La capacidad de producción es la máxima cantidad de capuchones que pueden producirse en un lapso de tiempo. En la tabla IX se aprecia la cantidad de piezas a producir por operación, esta se obtiene al multiplicar el tiempo observado por 500 horas efectivas de trabajo.

2.3.6. Recursos

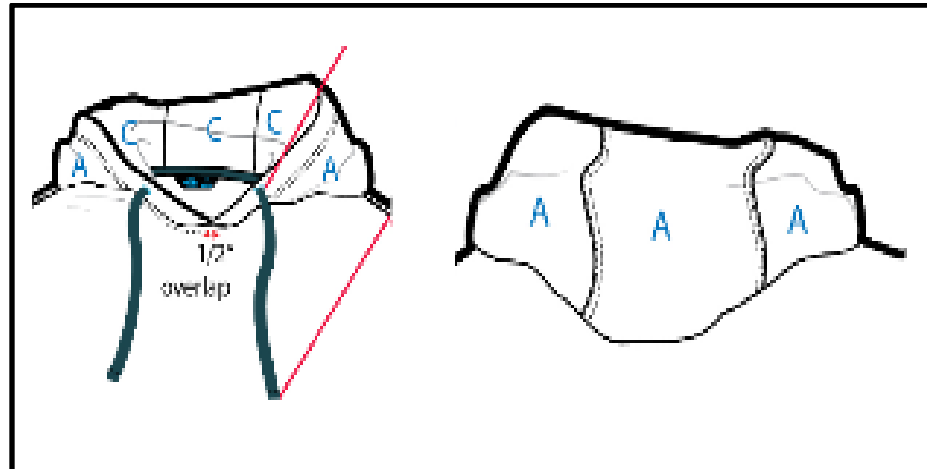
En el siguiente apartado se muestran los recursos que se utilizan en la línea de producción de capuchón en la empresa Texsun, S. A.; es decir, se describe la materia prima, se describe la maquinaria que se usa y se detalla el personal que lleva a cabo dicho proceso.

2.3.6.1. Materia prima

En la elaboración de un capuchón se utiliza la siguiente materia prima:

- Seis piezas de tela para armar el capuchón
- Dos ojales
- 1 yarda de cinta
- 21 conos de Hilo Tex 40 de 6 000 yardas por cono
- 12 conos de Hilo Tex 18 de 12 000 yardas por cono
- Entretela de 1"x1" como refuerzo de los ojales

Figura 20. Partes de un capuchón para el estilo ML005



Fuente: elaboración propia.

2.3.6.2. Equipo

La línea de producción de capuchón en la empresa Texusun, S. A. cuenta con máquinas *overlock* de 3 hilos, collaretera, plana, atracadora y una ojaladora; en la siguiente tabla se describe la cantidad de máquinas con la que dispone la empresa en esta área:

Tabla XI. Cantidad de máquinas en la línea de capuchón

Tipo de máquina	Cantidad
<i>Overlock</i> 3 hilos	6
Collaretera	2
Plana	3
Atracadora	2
Ojaladora	1

Fuente: elaboración propia.

2.3.6.3. Mano de obra

Texsun, S.A. cuenta con mano de obra, operativo calificado. La rotación de personal anual es de 2 % por lo que es un personal con experiencia en sus operaciones. La línea se divide en operaciones manuales y operativas. Las operaciones manuales son aquellas que no intervienen las máquinas de costura para realizar una operación, por ejemplo: despitar y colocar piezas para facilitar la operación de la siguiente persona. La línea ocupa a dos personas. La operación operativa es aquella que utiliza una máquina de costura. La línea cuenta con 17 personas. La siguiente tabla describe la cantidad de personas por línea y el tipo de operación que realizan.

Tabla XII. **Cantidad de personal**

Tipo de operación	Cantidad
Operativo	15
Manual	2
Total	17

Fuente: elaboración propia.

2.3.7. Distribución del hilo

El proceso de distribución del hilo en las máquinas de la línea de capuchón se describe en la siguiente tabla; se detalla la operación a realizar, con el tipo de máquina que se utiliza, la cantidad de conos por cada máquina; también, se describe el total de hilo por yardas en la máquina; se describe por hilo Tex 40 en conos de 6 000 yardas e hilo Tex 18 en conos de 12 000 yardas.

Tabla XIII. **Distribución del hilo en las máquinas de la línea de capuchón**

	Operación	Tipo de máquina	Cantidad de conos por máquina Tex 40	Total hilo Tex 40 en máquina (yardas)	Cantidad de conos por máquina Tex 18	Total hilo Tex 18 en máquina (yardas)
1	Unir forro al centro	Overlock 3H	1	6 000	2	24 000
2	Unir forro al centro	Overlock 3H	1	6 000	2	24 000
3	Unir cuerpo (flecee)	Overlock 3H	1	6 000	2	24 000
4	Unir cuerpo (flecee) + Link	Overlock 3H	1	6 000	2	24 000
5	Sobrecoser uniones en cuerpo	Collaretera	3	18 000	0	0
6	Cerrar capuchón - Unir forro a cuerpo	Overlock 3H	1	6 000	2	24 000
7	Hacer ojales	Ojaladora	2	12 000	0	0
8	Sobrecoser a 1/16	Plana	2	12 000	0	0
9	Coser link de capuchón	Plana	2	12 000	0	0
10	Ruedo de capuchón	Collaretera	3	18 000	0	0
11	Cerrar capuchón	Overlock 3H	1	6 000	2	24 000
12	Traslape capuchón	Plana	2	12 000	0	0
13	Atracar pita dentro del capuchón	Atracadora	2	12 000	0	0
14	Atracar pita	Atracadora	2	12 000	0	0
	Total		21	126 000	12	144 000

Fuente: elaboración propia.

2.3.8. Análisis de costos

Es de suma importancia presentar el análisis de costos en la producción de la línea de capuchón, estos son los costos de materia prima, es decir, el valor de cada cono de hilo Tex 40 y Tex 18, que se utilizan en cada máquina; también, es relevante mostrar el costo de mano de obra para mencionado proceso.

2.3.8.1. Costos de producción

Son los que generan en el proceso de transformar la materia prima en producto terminado: materia prima (costo de los materiales integrados al producto), mano de obra (que interviene directamente en la transformación del producto).

Tabla XIV. Costo de producción, línea de capuchón

COSTOS DE PRODUCCIÓN					
MATERIA PRIMA	Conos/ línea	US \$ / Cono			Total US \$
Hilo Tex 40 (6,000 yd/cono)	21	3.59			75.39
Hilo Tex 18 (12,000 yd/cono)	12	2.75			33
MANO DE OBRA	Cantidad	Salario Mes (US \$)	Salario /min (US \$)	SAM Línea	Total US \$
Personas en la línea de producción	16	340	0.034	4.226	67.616
TOTAL US \$					176.01

Fuente: elaboración propia.

2.4. Análisis de la línea de producción “J”

Después de haber realizado un análisis global de la situación actual de la empresa y haber mostrado la descripción actual del proceso de producción en la línea “J”, se procedió a realizar un análisis más detallado por área, lo cual conlleva al análisis general de esta línea a través de un diagrama de Ishikawa que resaltan las causas principales y los efectos que se producen; se muestra el control de tiempos estándar del proceso, el respectivo diagrama de proceso del área, la eficiencia de producción; se muestran los recursos que se usan, la distribución del hilo y el análisis de costos.

Tabla XV. **Análisis de la línea “J”**

Análisis 5 "¿Por qué?"	
Empresa: Texusun	Realizado Por: Lissa Ponciano
Línea: J	Fecha: Octubre 2017
Realizado A:	Darío Herrera
Problema:	Inventario de hilo obsoleto
1 ¿Por qué hay hilo obsoleto en bodega?	Porque es el retorno de producción.
2 ¿Por qué hay retorno de la producción?	Porque está mal calculado .
3 ¿Por qué está mal calculado?	Porque la requisición así lo pide.
4 ¿Por qué lo pide así?	Porque solo considera el consumo y no la cantidad de máquinas en la línea.
Causa raíz:	Mala distribución de conos de hilos en las máquinas de costura.

Fuente: elaboración propia.

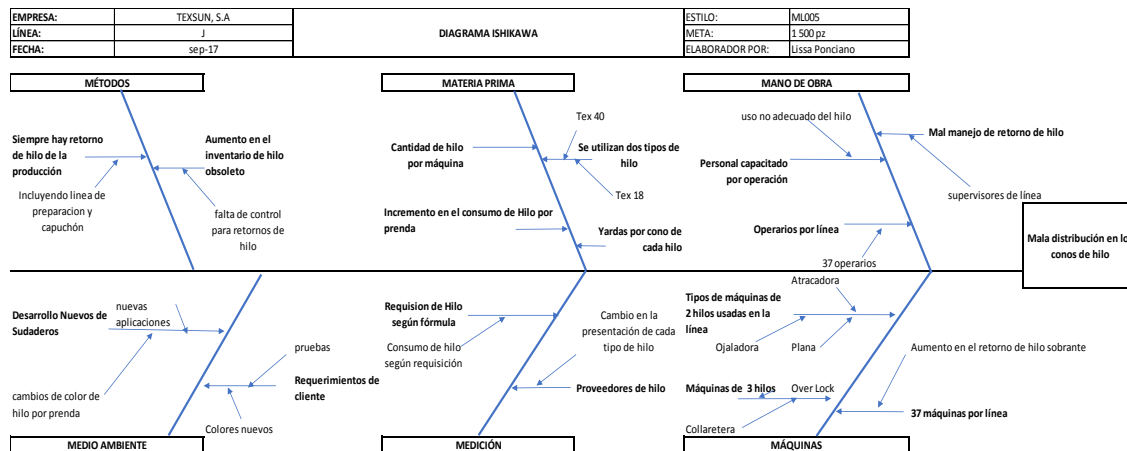
2.4.1. Diagrama de Ishikawa para la línea “J”

Conocido también como diagrama de causa y efecto, es un método para definir la ocurrencia de un evento no deseable o problema; es decir, efecto como la cabeza del pescado, e identificar los factores que contribuyen, esto es las causas, como las espinas que salen de las vértebras del pescado. Se aplicó esta técnica al supervisor de línea de capuchón. Se eligió a esta persona ya que es quien recibe el problema y debe abastecer sus máquinas para lograr la meta del día.

Por medio de la técnica de los 5 '¿por qué?' se identificó la causa raíz que ayudó a elaborar el diagrama de Ishikawa. Esta técnica consiste en realizar sucesivamente esta pregunta '¿por qué?' con el objeto de poder tomar las acciones necesarias para erradicarla y solucionar el problema.

El número cinco no es fijo y hace referencia al número de preguntas a realizar, de esta manera se trata de ir preguntando sucesivamente '¿por qué?' hasta encontrar la solución, sin importar el número de veces que se realiza la pregunta. Previamente se hizo un recorrido en la planta en donde se analizó el proceso de producción y se realizaban preguntas de rutina a los operarios y personas involucradas en el abastecimiento y recepción de hilo.

Figura 21. Diagrama de Ishikawa para la línea “J”



Fuente: elaboración propia.

2.4.2. SAM (*standard allowed minute*) actual, línea “J”

SAM, por sus siglas en inglés *standard allowed minute*, es el tiempo estándar de realización de una operación de costura. El tiempo estándar es el tiempo requerido para que un operario en tiempo normal, plenamente calificado y adiestrado, y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo una operación. Se obtiene al sumar todos los tiempos asignados en la elaboración de un sudadero.

La tabla describe los tiempos actuales por operación más un porcentaje de holgura. Texusun, S.A. considera un 14 % de holgura para cada una de las operaciones. El SAM actual para la línea “J” es 9,531 minutos.

Tabla XVI. Tiempo actual, línea “J”

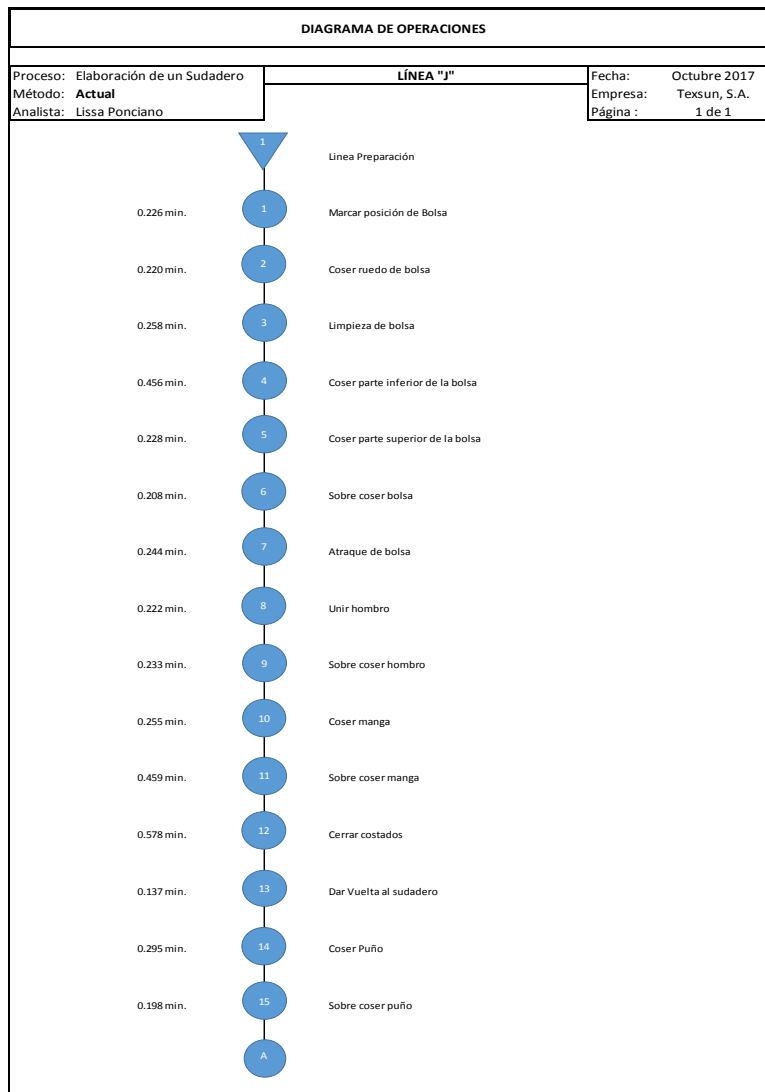
EMPRESA:	TEXSUN, S.A	CONTROL DE TIEMPOS			MÉTODO	ACTUAL
FECHA:	Octubre 2017				ESTILO:	ML005
LÍNEA:	LÍNEA J				META:	1500 pz
Supervisor :					MIN AL DÍA:	500
					Tolerancia Actual ↓	
					Tiempo Normal	Tolerancia: 14%
	OPERACIÓN	OPERARIOS	Tipo de Operación	PROMEDIO TIEMPOS (sec)	PROMEDIO TIEMPOS (min)	Tiempo Estandard SAM (Min)
1	Marcar posición de bolsa	1	Manual	11,88	0,198	0,226
2	Rueda Bolsa	1	Operativo	11,59	0,193	0,220
3	Limpieza Bolsa / Sobre hilar bolsa	1	Operativo	13,59	0,227	0,258
4	Coser inferior de la bolsa	1	Operativo	24,00	0,400	0,456
5	Coser superior de la bolsa	1	Operativo	12,00	0,200	0,228
6	Sobrecoser bolsa	1	Operativo	10,96	0,183	0,208
7	Atraque de Bolsa	1	Operativo	12,83	0,214	0,244
8	Unir Hombro	1	Operativo	11,67	0,195	0,222
9	Sobrecoser hombros	1	Operativo	12,22	0,204	0,232
10	Coser Manga izquierda / derecha	2	Operativo	26,88	0,448	0,511
11	Sobrecoser mangas	2	Operativo	48,30	0,805	0,918
12	Cerrar costados con cerradora	3	Operativo	91,20	1,520	1,733
13	Dar vuelta	1	Manual	7,19	0,120	0,137
14	Pegar Puño	1	Operativo	15,50	0,258	0,295
15	Sobrecoser puños	1	Operativo	10,40	0,173	0,198
16	Pegar Banda	1	Operativo	19,33	0,322	0,367
17	Sobrecoser banda	1	Operativo	11,38	0,190	0,216
18	Piquete en cuerpo y vuelta	1	Manual	17,00	0,283	0,323
19	Dar vuelta y colocar capuchón	1	Manual	17,44	0,291	0,331
20	Ensamblar capuchón	2	Operativo	49,40	0,823	0,939
21	Pegar etiqueta de talla y dar vuelta	1	Operativo	29,06	0,484	0,552
22	Coser Twill Tape	1	Operativo	16,83	0,281	0,320
23	Sobrecoser twill tape 1/16"	1	Operativo	19,68	0,328	0,374
24	Sobrecoser cuello 1/4"	1	Operativo	17,02	0,284	0,323
25	Inspección y despite	4	Manual	232,56	3,876	4,419
26	Pegar etiqueta lateral	1	Operativo	16,58	0,276	0,315
27	Doblar y embolsar	2	Manual	43,14	0,719	0,820
28	Empacar (scanner)	1	Manual	11,07	0,185	0,218
		37			13,678	15,601

Fuente: elaboración propia.

2.4.3. Diagrama de proceso

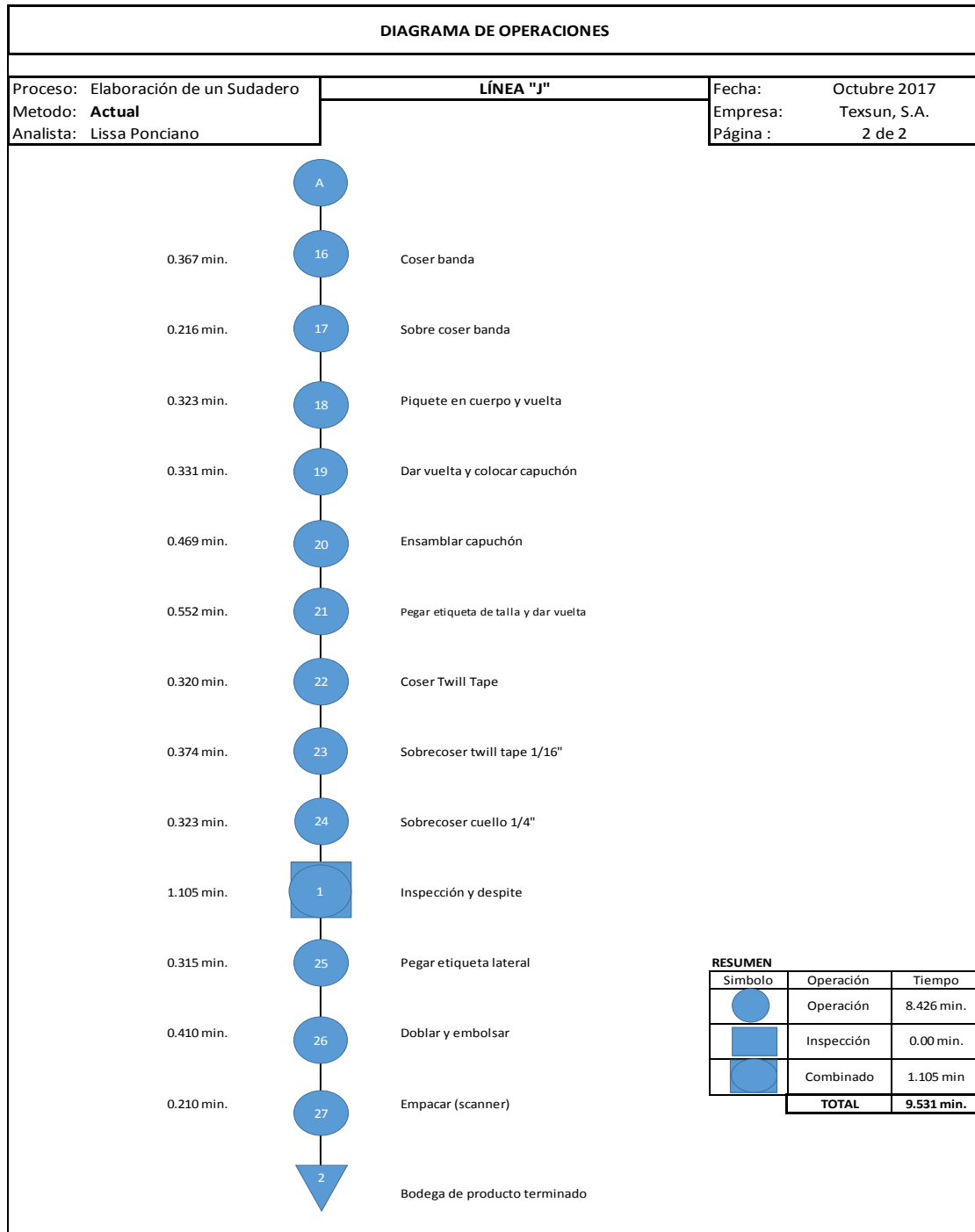
Se utiliza un diagrama de proceso de operaciones para representar de forma gráfica las secuencias de las operaciones y actividades necesarias para elaborar un sudadero.

Figura 22. Diagrama de operaciones actuales para la línea “J”



Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Diagrama de operaciones para la línea "J"



Fuente: elaboración propia.

2.4.5. Capacidad de producción actual

La capacidad de producción es la máxima cantidad de sudaderos que pueden producirse en un lapso de tiempo. En la tabla anterior se aprecia la cantidad de sudaderos a producir por operación, esta se obtiene al multiplicar el tiempo observado por 500 horas efectivas de trabajo. Equivalentes a 8,33 horas al día por 60 minutos.

2.4.6. Recursos

Continuando con el análisis de la línea de producción “J”, se describen en los siguientes apartados los recursos que se utilizan, es decir, la materia prima requerida para la elaboración de un sudadero; también, se menciona la maquinaria necesaria para llevar a cabo dicho proceso, además se muestra el personal a cargo en esta línea.

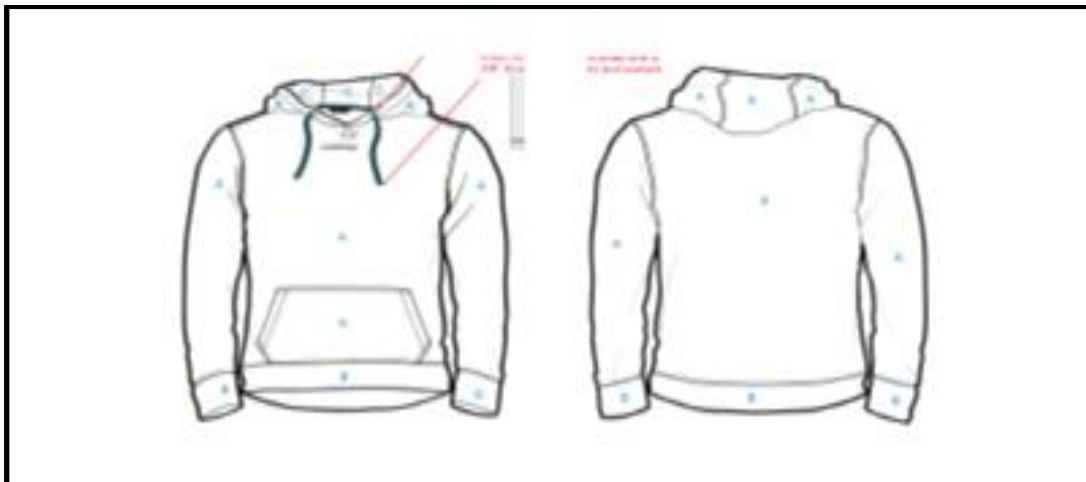
2.4.6.1. Materia prima

En la elaboración de un sudadero se utiliza:

- Un capuchón
- Dos puños
- Una banda
- Dos piezas de tela que forman las mangas
- Dos piezas de tela en forma de bolsa
- Una pieza de tela que forma un panel frontal
- Una pieza de tela que forma un panel dorsal
- Una etiqueta de talla
- Una etiqueta de marca

- ½ yarda de *twill tape*
- 64 conos de Hilo tex 40 de 6 000 yardas por cono
- 16 conos de Hilo tex 18 de 12 000 yardas por cono

Figura 24. **Sudadero ML005**



Fuente: elaboración propia.

2.4.6.2. **Equipo**

Actualmente, la línea de producción “J” cuenta con máquinas *overlock* de 3 hilos, con máquinas collaretera y máquinas planas, máquina atracadora, máquina *overlock* 4 hilos, máquina *overlock* 5 hilos; en la siguiente tabla se muestra la cantidad exacta de la mencionada maquinaria:

Tabla XVIII. **Maquinaria, línea “J”**

Tipo de máquina	Cantidad
<i>Overlock</i> 3 hilos	1
Collaretera	9
Plana	8
Atracadora	1
<i>overlock</i> 4 hilos	6
<i>overlock</i> 5 hilos	1

Fuente: elaboración propia.

2.4.6.3. Mano de obra

Texsun, S.A. cuenta con mano de obra operativo calificado. La rotación de personal anual es de 2 % por lo que es un personal con experiencia en sus operaciones. La línea se divide en operaciones manuales y operativas.

Las operaciones manuales son aquellas que no intervienen las máquinas de costura para realizar una operación, por ejemplo: despitar y colocar piezas para facilitar la operación de la siguiente persona. La línea ocupa a 10 personas. La operación operativa es aquella que utiliza una máquina de costura. La línea cuenta con 37 personas. La siguiente tabla describe la cantidad de personas por línea y el tipo de operación que realizan.

Tabla XIX. **Cantidad de personas por línea**

Tipo de operación	Cantidad
Operativo	10
Manual	27
Total	37

Fuente: elaboración propia.

2.4.7. Distribución del hilo

De los recursos ineludibles en la línea de producción “J”, mencionados anteriormente como la materia prima, el equipo que se utiliza, y la mano de obra requerida para la producción, se muestra en la siguiente tabla la distribución de hilo, por operación y por tipo de máquina y la cantidad de conos de hilo requerida.

Tabla XX. Distribución de hilo, línea “J”

	Operación	Tipo de máquina	Cantidad de conos por máquina Tex 40	Total hilo Tex 40 en máquina (yardas)	Cantidad de conos por máquina Tex 18	Total hilo Tex 18 en máquina (yardas)
1	Ruedo de bolsa	collaretera	3	18 000	0	0
2	Limpieza bolsa / sobre hilar bolsa	Overlock 3H	2	12 000	1	12 000
3	Coser inferior de la bolsa	Plana	2	12 000	0	0
4	Coser superior de la bolsa	Plana	2	12 000	0	0
5	Sobrecoser bolsa	Plana	2	12 000	0	0
6	Atraque de bolsa	Atracadora	2	12 000	0	0
7	Unir hombro	Overlock 5H	2	12 000	3	3 000
8	Sobrecoser hombros	collaretera	3	18 000	0	0
9	Coser manga izquierda	Overlock 4H	2	12 000	2	24 000
10	Coser manga derecha	Overlock 4H	2	12 000	2	24 000
11	Sobrecoser mangas	collaretera	3	18 000	0	0
12	Sobrecoser mangas	collaretera	3	18 000	0	0
13	Cerrar costados con cerradora	cerradoras	4	24 000	0	0
14	Cerrar costados con cerradora	cerradoras	4	24 000	0	0
15	Cerrar costados con cerradora	cerradoras	4	24 000	0	0
16	Coser puño	Overlock 4H	2	12 000	2	24 000

Continuación de la tabla XX.

17	Sobrecoser puños	Collaretera	3	18 000	0	0
18	Coser banda	Overlock 4H	2	12 000	2	24 000
19	Sobrecoser banda	collaretera	3	18 000	0	0
20	Ensamblar capuchón	Overlock 4H	2	12 000	2	24 000
21	Ensamblar capuchón	Overlock 4H	2	12 000	2	24 000
22	Coser etiqueta de talla	Plana	2	12 000	0	0
23	Coser <i>twill tape</i>	Plana	2	12 000	0	0
24	Sobrecoser <i>twill tape</i> 1/16"	Plana	2	12 000	0	0
25	Sobrecoser cuello 1/4"	Plana	2	12 000	0	0
26	Pegar etiqueta lateral	Plana	2	12 000	0	0
Total			64	384 000	16	192 000

Fuente: elaboración propia.

2.4.8. Análisis de costos

En el siguiente apartado se muestra el costo de producción para transformar la materia prima en producto; se especifican los costos de inventario durante las cuatro temporadas en la confección de sudaderos; seguidamente, se muestran los costos de transporte para dicho proceso.

2.4.8.1. Costos de producción

Son los que generan en el proceso de transformar la materia prima en producto terminado: materia prima (costo de los materiales integrados al producto), mano de obra (que interviene directamente en la transformación del producto). El valor del costo de producción de la línea "J" es de US\$ 430,12.

Tabla XXI. **Costos de producción, línea “J”**

COSTOS DE PRODUCCIÓN					
MATERIA PRIMA	Conos/ línea	US \$ / Cono			Total US \$
Hilo Tex 40 (6,000 yd/cono)	64	3.59			229.76
Hilo Tex 18 (12,000 yd/cono)	16	2.75			44
MANO DE OBRA	Cantidad	Salario Mes (US \$)	Salario /min (US \$)	SAM Línea	Total US \$
Personas en la línea de producción	37	340	0.034	4.226	156.362
TOTAL US \$					430.12

Fuente: elaboración propia.

2.4.8.2. **Costos de inventario**

Los costos de inventario son los costos relacionados con el almacenamiento y el mantenimiento del inventario durante un determinado período de tiempo. En relación al hilo, el 65 % de hilo almacenado pertenece al hilo Tex 40 y el 35 % al hilo tex 18. Esto se debe a los cambios de temporada en la confección de los sudaderos, (por lo general, son 4 temporadas) y diferentes colores utilizados por cada estilo de sudadero que se confecciona; por lo general, son 6 colores por estilo; son al menos 6 estilos por temporada.

El mínimo de compra del hilo es una caja de 25 conos para ambos tipos. El total de conos Tex 40 que requiere la línea es de 64 y 16 conos para Tex 18. Esto equivale a 3 cajas del Tex40 y 1 caja del Tex 18.

Tabla XXII. **Costos de hilo**

Tipo de hilo	Costo de caja	Cantidad requerida	Total
TEX 40	\$ 89,75	3	\$ 269,25
TEX 18	\$ 68,75	1	\$ 68,75
Costo total de hilo en la línea J			\$ 338,00

Fuente: elaboración propia.

Por tal razón anualmente se vende por lotes a precio de costo. En dichos lotes se vende tela, *zippers*, ojales, hilo, entre otros. Texsun, S.A. cuenta con su propia bodega de materia prima ubicada en la misma dirección de la fábrica donde el terreno pertenece al dueño de la empresa, por lo que no paga alquiler por almacenamiento ni movimiento de materiales dentro de la bodega.

2.4.8.3. Costos de transporte

El flete internacional tiene un impacto sobre el comercio equivalente a las tarifas arancelarias o el tipo de cambio monetario: una reducción del costo de transporte fomenta directamente las exportaciones y las importaciones, igual que un aumento del tipo de cambio (moneda nacional/moneda extranjera) hace más competitivas las exportaciones, y una reducción del arancel aduanero nacional reduce el costo de las importaciones.

En el marco de la liberalización del comercio, los aranceles aduaneros han bajado a tales niveles que en muchos casos cualquier reducción adicional ya no podría tener un impacto significativo. Es quizás por eso que en años recientes ha surgido una nueva e interesante literatura que analiza la relevancia del costo del transporte para la estructura del comercio y la producción globalizada.

En el caso de Texsun, S.A., no hay registros sobre costos de transportes. Esto debido a que todos los proveedores de la materia prima que utiliza un sudadero entregan su producto a la bodega de materia prima. El precio de cada material está definido al inicio de la negociación entre Texsun, S.A. y el proveedor, el cual no considera un rubro aparte de transporte.

En relación al precio de venta de un sudadero con el cliente, la negociación se hace FOB Puerto Quetzal. El cual significa que Texsun, S.A.

lleva el producto hasta el puerto acordado en territorio guatemalteco y el cliente se encarga de la logística hacia el destino final, en todos los casos es USA. FOB es una abreviatura que corresponde a las iniciales de la frase en inglés, *free on board*, que en español significa 'libre a bordo', y pertenece a la lista de *incoterms* (términos internaciones de comercio).

2.5. Propuesta de distribución de hilo en las máquinas de costura

Para la propuesta de distribución de hilo en las máquinas de costura de la línea de producción “J” para la confección de sudaderos deportivos en la empresa Texsun, S.A. es necesario analizar las 3 líneas de producción. En los siguientes puntos se analiza la línea de capuchón y, por último, a línea “J”.

Se utilizará un modelo matemático de programación lineal, el cual resulta de un análisis cuantitativo. El enfoque comienza con los datos. Como se trata de materia prima (hilo), los datos son transformados en producto terminado (sudadero). Primero se definirá el problema, se desarrollará el modelo en donde existen datos de entrada (costos, consumos, yardas por cono de cada hilo); se probará la solución; se analizarán los resultados, para luego implementar los resultados.

La propuesta pretende minimizar los costos relacionados al consumo de cada tipo de hilo en cada operación y la optimización del mismo en cada máquina de costura.

2.5.1. Línea de capuchón

En el siguiente apartado se muestra el estudio de tiempos propuestos en la línea de capuchón a través de una tabla; asimismo, se muestra la holgura

propuesta; es decir, las necesidades personales que incluyen las interrupciones por trabajo; se definió el tiempo que este conlleva; asimismo, se propone el tiempo estándar; seguidamente, se presenta el diagrama de proceso correspondiente y su eficiencia.

2.5.1.1. Estudio de tiempos

Para el estudio de tiempos se realizaron 10 tomas de tiempo para cada una de las operaciones. El resultado se presenta en la siguiente tabla, por operario y por operación según los ciclos que conlleva en el proceso de producción.

Tabla XXIII. Estudio de tiempos propuesto, línea de capuchón

EMPRESA:		TEXSUN, S.A										MÉTODO		PROPUESTO		Tolerancia Propuesta		
FECHA:		Octubre 2017										ESTUDIO:		MÚLTIPLOS				
LÍNEA:		CAPUCHÓN										MÉTA:		1800 02				
Realizado por:		Ussa Ponciano										MIN AL DÍA:		500				
CONTROL DE TIEMPOS																		
CICLOS (seg)													Tiempo Normal		Tolerancia: 18%			
OPERACIÓN		OPERARIOS		Tipo de Operación		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PROMEDIO TIEMPOS (sec)	PROMEDIO TIEMPOS (min)	SAM Propuesto (Min)
1	Unir Forro	2	Operativo	8,78	9,02	9,35	10,34	10,00	10,51	10,01	11,75	10,48	12,19	10,24	0,171	0,201		
2	Unir Cuerpo (fiecee)	1	Operativo	7,65	5,62	7,61	8,57	7,42	7,09	6,27	6,56	5,83	6,32	6,89	0,115	0,136		
3	Unir Cuerpo (fiecee) + Link	1	Operativo	13,18	13,41	14,00	12,22	10,04	10,54	12,77	9,58	12,49	10,42	11,87	0,198	0,233		
4	Sobrecoser uniones en cuerpo	1	Operativo	4,75	5,27	4,38	4,57	4,57	4,58	4,28	5,20	4,89	4,61	4,71	0,079	0,093		
5	Ensamblar 1 y 2 y quitar hilo	1	Manual	4,77	5,43	5,07	7,07	6,22	6,91	5,41	6,17	6,25	6,06	5,94	0,099	0,117		
6	Cerrar capuchón - Unir forro a cuerpo	1	Operativo	9,94	9,15	8,33	10,98	14,77	9,38	12,92	9,42	11,99	10,21	10,71	0,178	0,211		
7	Colocar entreteja y cortar hilos	1	Manual	4,17	3,74	3,90	4,31	3,31	3,38	3,78	4,20	4,21	3,12	7,624	0,127	0,150		
8	Hacer ojales	1	Operativo	10,05	9,67	10,68	11,11	10,45	10,14	10,35	10,36	12,08	10,38	10,53	0,175	0,207		
9	Sobrecoser a 1/16	1	Operativo	10,34	11,14	12,25	10,97	10,24	11,47	12,88	13,39	11,54	12,54	13,47	0,191	0,225		
10	Coser Link de capuchón	1	Operativo	13,85	13,45	12,62	10,63	11,35	7,68	9,92	12,43	13,45	11,24	11,66	0,194	0,229		
11	Ruedo de capuchón	1	Operativo	10,31	13,45	14,08	12,98	14,12	12,24	7,54	8,37	7,57	9,27	10,99	0,183	0,216		
12	Cerrar capuchón	1	Operativo	9,47	11,91	9,32	9,54	10,34	9,28	13,32	12,68	10,32	7,17	10,34	0,172	0,203		
13	Trailape capuchón	1	Operativo	5,22	5,71	5,85	6,04	5,44	5,29	7,20	5,14	4,21	5,58	5,58	0,093	0,110		
14	Meter pita a capuchón	1	Operativo	8,58	9,63	8,71	8,25	13,79	11,44	8,67	10,35	12,28	8,61	10,03	0,167	0,197		
15	Atracar pita dentro del capuchón	1	Operativo	4,17	4,88	7,88	7,20	5,20	5,50	5,48	6,82	6,55	5,73	5,91	0,099	0,116		
16	Atracar pita	1	Operativo	3,30	4,17	2,17	2,30	3,20	3,87	2,61	2,14	3,70	2,57	3,00	0,050	0,059		
2,291																2,704		

Fuente: elaboración propia.

2.5.1.2. Holgura propuesta

Holgura se define como el tiempo que se agrega al tiempo normal para permitir demoras personales, inevitables y por fatiga. Las necesidades personales incluyen las interrupciones por trabajo para mantener el bienestar

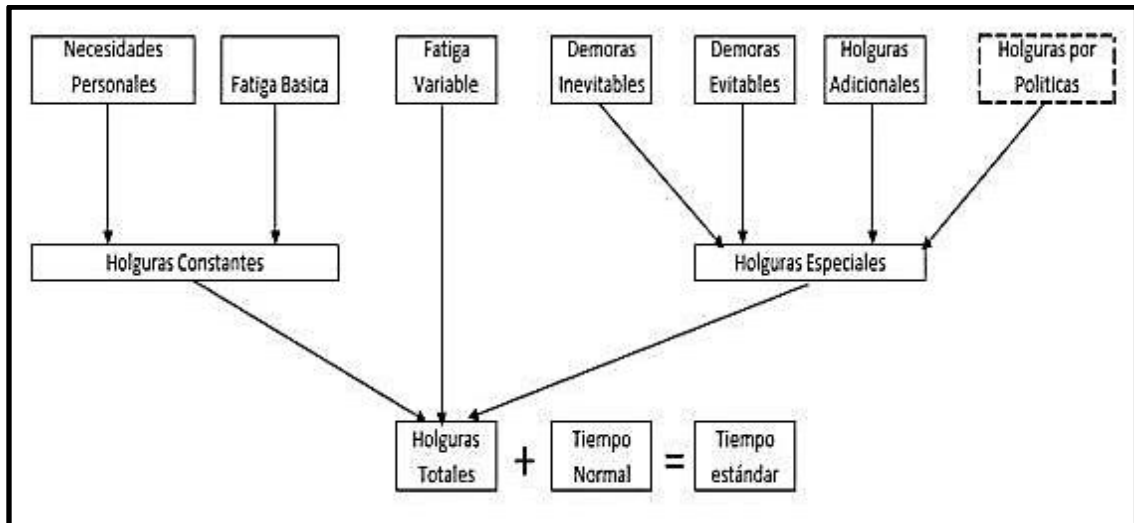
general del operario; entre los ejemplos están los viajes para beber agua e ir al sanitario. No existe una base científica para asignar un porcentaje numérico; sin embargo, la verificación detallada de la producción ha demostrado que una holgura del 5 % para tiempo personal o cerca de 24 minutos en 8 horas.

La holgura por fatiga básica es una constante que toma en cuenta la energía que se consume para realizar el trabajo y aliviar la monotonía. Se considera adecuado el 4 % del tiempo normal para un operario que hace trabajo ligero, sentado, en buenas condiciones de trabajo, sin demanda especiales sobre sus sistemas motrices o sensoriales.

La figura 24 proporciona un esquema para ordenar los diferentes tipos de holguras de acuerdo con la función. La división principal son las holguras por fatiga contra las especiales. Las holguras por fatiga, como su nombre lo indica, proporcionan tiempo para que el trabajador se recupere de la fatiga causada por la tarea o por el entorno de trabajo. Estas holguras se dividen en holguras por fatiga constante y variable.

Las holguras especiales incluyen muchos factores relacionados con el proceso, el equipo y los materiales, y se denominan holguras por demoras inevitables, evitables, adicionales y por políticas.

Figura 25. Esquema de los tipos de holgura



Fuente: W. NIEBEL, Benjamin; FREIVALDS, Andris. *Ingeniería industrial*. p. 344.

Se han hecho muchos estudios para estudiar la fatiga a través de diferentes medios físicos, químicos y fisiológicos, pero hasta el momento ninguno ha tenido un éxito completo. La oficina internacional de trabajo de Estados Unidos (ILO, International Labour Office, 1957) ha tabulado el efecto de diversas condiciones de trabajo para llegar a factores de suplemento u holgura adecuados con un sistema de puntos más detallado. Ver la siguiente tabla.

Tabla XXIV. **Holguras recomendadas por ILO**

HOLGURAS RECOMENDADAS POR ILO (International Labour Office, 1957)		
A Holguras Constantes		
Holgura Personal		5
Holgura por fatiga básica		4
B Holguras Variables		
1. Holgura por estar parado		2
2. Holgura por posición anormal		
a. un poco incómoda		0
b. incómoda (flexionado)		2
c. muy incómoda (acostado, estirado)		7
3. Uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar)		
Peso levantado en libras		
5		0
10		1
15		2
20		3
25		4
30		5
35		7
40		9
45		11
50		13
60		17
70		22
4. Mala iluminación		
a. un poco debajo de lo recomendado		0
b. bastante debajo de lo recomendado		2
c. muy inadecuada		5
5. Condiciones Atmosféricas (calor y humedad): variable		0-100
6. Atención cercana		
a. trabajo bastante fino		0
b. trabajo fino o exacto		2
c. trabajo muy fino o exacto		5
7. Nivel de Ruido		
a. continuo		0
b. intermitente fuerte		2
c. intermitente: muy fuerte		5
d. de tono alto: muy fuerte		5
8. Esfuerzo mental		
a. proceso bastante complejo		1
b. espacio de atención compleja o amplia		4
c. muy complejo		8
9. Monotonía		
a. baja		0
b. media		1
c. alta		4
10. Tedio		
a. algo tedioso		0
b. tedioso		2
c. muy tedioso		5

Fuente: W. NIEBEL, Benjamin; FREIVALDS, Andris. *Ingeniería industrial*. p. 346.

Se realizó un estudio de holguras para la línea de producción de capuchón evaluando las condiciones de la posición, la iluminación, el ruido, el esfuerzo mental, la monotonía, el tedio, entre otros. Con base en el análisis se determinó lo siguiente.

Tabla XXV. Tolerancia propuesta, línea de capuchón

EMPRESA: TEXSUN S.A FECHA: Octubre 2017		REALIZADO POR: LISSA PONCIANO	
PROPUESTA TABLA DE TOLERANCIAS EMPRESA TEXSUN			
		Operario en máquina	Operario de calidad y empaque
A	Holguras constantes		
	Holgura personal	5	5
	Holgura por fatiga básica	4	4
B	Holguras variables		
	1. Holgura por estar parado	2	0
	2. Holgura por posición anormal		
	a. un poco incomoda	0	0
	b. incomoda (flexionado)	2	2
	c. muy incomoda (acostado, estirado)	7	
	3. Uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar)		
	Peso levantado en libras		
	5	0	0
	10	1	
	15	2	
	20	3	
	25	4	
	30	5	
	35	7	
	40	9	
	45	11	
	50	13	
	60	17	
	70	22	
	4. Mala iluminación		
	a. un poco debajo de lo recomendado	0	0
	b. bastante debajo de lo recomendado	2	
	c. muy inadecuada	5	
	5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad): variable	0-100	0
	6. Atención cercana		
	a. trabajo bastante fino	0	
	b. trabajo fino o exacto	2	2
	c. trabajo muy fino o exacto	5	
	7. Nivel de Ruido		
	a. continuo	0	
	b. intermitente fuerte	2	2
	c. intermitente: muy fuerte	5	
	d. de tono alto: muy fuerte	5	
	8. Esfuerzo mental		
	a. proceso bastante complejo	1	1
	b. espacio de atención compleja o amplia	4	
	c. muy complejo	8	
	9. Monotonía		
	a. baja	0	0
	b. media	1	
	c. alta	4	
	10. Tedio		
	a. algo tedioso	0	
	b. tedioso	2	2
	c. muy tedioso	5	
	TOTAL		18

Fuente: elaboración propia.

2.5.1.3. SAM (*standard allowed minute*)

Con base en la tabla anterior y a se ha determinado una holgura del 18 % para el tiempo promedio. Las holguras habituales en la industria son 5 % para necesidades personales, 4 % para fatiga básica y cantidades adicionales para la fatiga variable. Realizando recorridos por la planta, haciendo observaciones y entrevistas a los operarios se ha asignado una calificación considerando posición de la persona al realizar la operación, el uso de fuerza, las condiciones atmosféricas y otras circunstancias al entorno del trabajo.

El propósito fundamental de todas las holguras es agregar tiempo suficiente al tiempo normal de producción para que el trabajador promedio cumpla con el estándar cuando tiene un desempeño estándar. Para el cálculo del tiempo estándar se agregó el porcentaje de holgura encontrado en la línea de capuchón. De tal manera que:

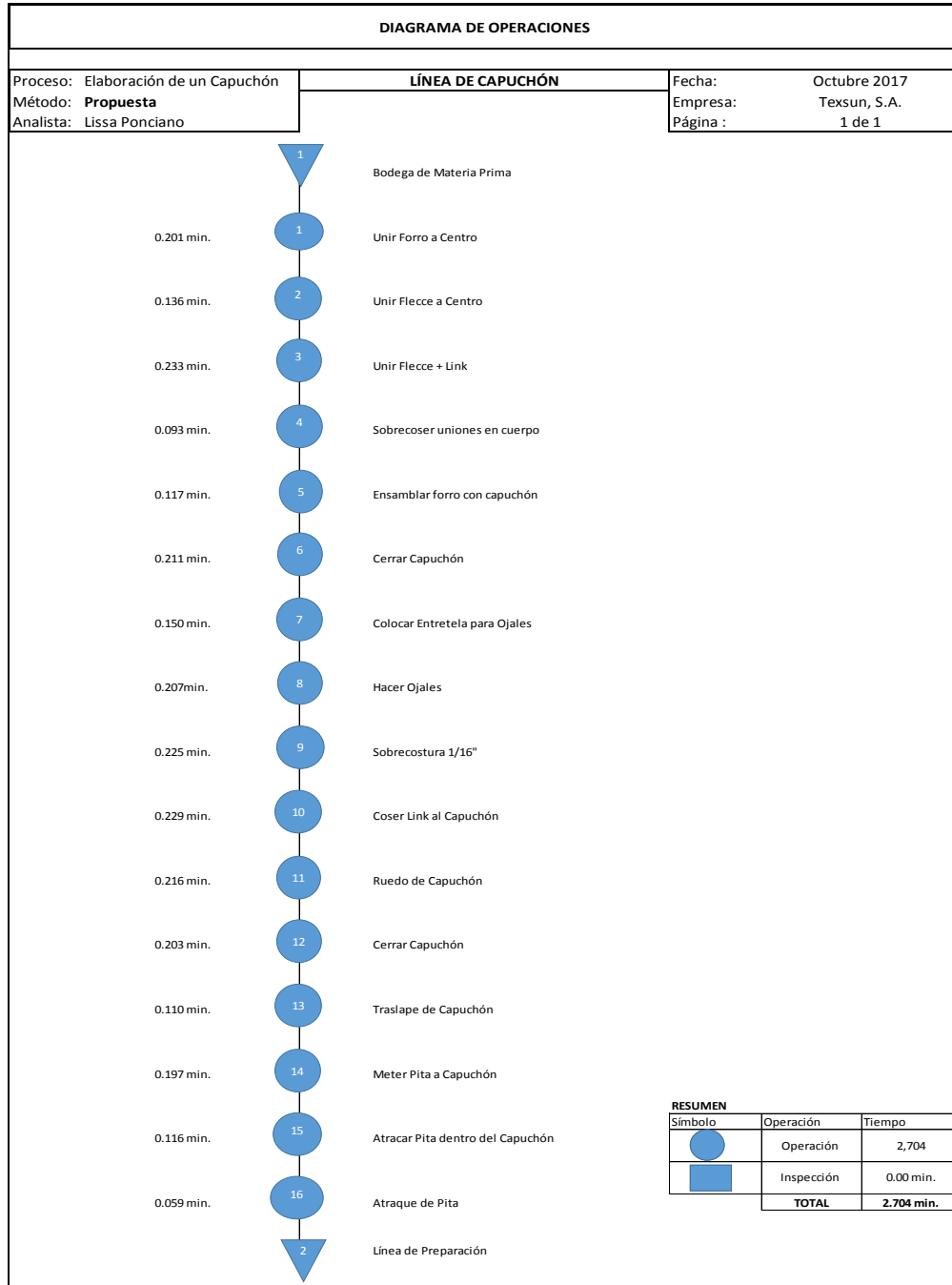
$$SAM \text{ o tiempo estándar} = \sum \text{ tiempo normal} * (1 + \text{holgura})$$

De tal manera, la tabla XXIX muestra el tiempo normal o cronometrado por operación para la línea de capuchón y este multiplicado por la holgura propuesta. El resultado es un SAM propuesto para la línea de capuchón de 2,704 minutos.

2.5.1.4. Diagrama de proceso

En la siguiente figura se muestra el diagrama de procesos de operaciones propuesto en la línea de capuchón en la empresa Texsun, S.A.

Figura 26. Diagrama de operaciones propuesto para la línea de capuchón



Fuente: elaboración propia.

2.5.1.5. Eficiencia

En la siguiente tabla se muestra la eficiencia propuesta en la línea capuchón, que interviene el tiempo usado en cada operación, por operario y máquinas; así se determinó su eficiencia con el objetivo de aprovecharlos a lo máximo en la producción.

Se realizó un análisis de la productividad de la línea, la cual es la relación entre los resultados obtenidos y el tiempo utilizados para obtenerlos. Cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el proceso. En este informe se calcularon las unidades producidas con el SAM propuesto y el SAM actual de la línea de capuchón.

% Productividad

$$= \frac{(Unidades\ producidas\ SAM\ propuesto - unidades\ producidas\ SAM\ actual)}{Unidades\ producidas\ SAM\ actual}$$

$$Productividad = \frac{(3\ 144 - 2\ 011)}{2\ 011} = 56\ \%$$

El resultado demuestra que con el SAM propuesto se logra obtener mayor cantidad de unidades a producir al día comparándolo con el SAM actual. Se obtiene una productividad del 56 % para la línea de capuchón.

Tabla XXVI. Eficiencia propuesta, línea de capuchón

EMPRESA:	TEXSUN, S.A	CÁLCULO DE LA EFICIENCIA				MÉTODO	PROPUESTO	
FECHA:	Octubre 2017					ESTILO:	MLO05	
LÍNEA:	CAPUCHÓN					META:	1800 pz	
Realizado por:	Lissa Pondiano					MIN AL DÍA:	500	
			Tiempo Normal		Tolerancia: 18%			
			PROMEDIO TIEMPOS (sec)	PROMEDIO TIEMPOS (min)	SAM Propuesto (Min)	Unidades por Día SAM Propuesto		
1	Unir Forro	2	10,24	0,171	0,201	2483		
2	Unir Cuerpo (flece)	1	6,89	0,115	0,136	3688		
3	Unir Cuerpo (flece) + Link	1	11,87	0,198	0,233	2143		
4	Sobrecoser uniones en cuerpo	1	4,71	0,079	0,093	5398		
5	Ensambiar 1 y 2, y quitar hilo	1	5,94	0,099	0,117	4283		
6	Cerrar capuchón - Unir forro a cuerpo	1	10,71	0,178	0,211	2374		
7	Colocar entretela y cortar hilos	1	7,624	0,127	0,150	3335		
8	Hacer ojales	1	10,53	0,175	0,207	2415		
9	Sobrecoser a 1/16	1	11,47	0,191	0,225	2217		
10	Coser Link de capuchón	1	11,66	0,194	0,229	2180		
11	Ruedo de capuchón	1	10,99	0,183	0,216	2313		
12	Cerrar capuchón	1	10,34	0,172	0,203	2460		
13	Traslape Capuchón	1	5,58	0,093	0,110	4559		
14	Meter pita a capuchón	1	10,03	0,167	0,197	2535		
15	Atracar pita dentro del capuchón	1	5,91	0,099	0,116	4301		
16	Atracar pita	1	3,00	0,050	0,059	8466		
		17		2,291	2,704	3 144		
		No. Operarios	SAM LÍNEA ESTABLECIDO POR TEXSUN	SAM CAPUCHÓN ACTUAL	Unidades por Día SAM Propuesto	Unidades por Día SAM Actual	DIFERENCIA	% PRODUCTIVIDAD
		17	4,59	4,226	3 144	2 011	1 133	56%

Fuente: elaboración propia.

2.5.1.6. Creación del modelo de programación lineal

La programación lineal (PL) es una técnica de modelo matemático utilizado y diseñado para ayudar en la planificación y toma de decisiones con respecto a la asignación de recursos. En este caso es la asignación de hilo en cada máquina de costura y su consumo según operación. Entre los requerimientos de un problema de PL están:

- Los problemas buscan maximizar o minimizar un objetivo
- Las restricciones limitan el grado al cual el objetivo puede ser alcanzado
- Deben existir alternativas disponibles
- Las relaciones matemáticas son lineales

Con frecuencia se verá el término desigualdad cuando se analiza un problema de PL. Por desigualdades se quiere decir que no todas las restricciones de PL tienen que ser de la forma $A + B = S$. Esta relación, llamada ecuación, implica que los términos A más B son exactamente igual a S. En la mayoría de los problemas de PL, se presentan desigualdades de la forma $A + B \leq S$ o $A + B \geq S$. La primera de estas significa que A más B es menor o igual a S. La segunda, que A más B es mayor o igual a S. El concepto proporciona mucha flexibilidad al definir las restricciones de un problema.

Texsun, S.A. utiliza dos diferentes tipos de hilo para la confección del sudadero ML005: el hilo Tex 40 y el hilo Tex 18. El costo de cada uno es de \$3,59/cono y \$2,75/cono, respectivamente. La presentación de los conos por parte del proveedor es de: Tex 40 es de 6 000 yardas por cono y 12 000 yardas para el Tex 18. La propuesta de distribución de conos de hilo y su equivalente en yardas en cada una de las máquinas está asignada de la siguiente manera:

Tabla XXVII. **Modelo de programación lineal, línea de capuchón**

2.213 X1	15.580 X2	≤	30,000
2.213 X1	15.580 X2	≤	30,000
2.213 X1	15.580 X2	≤	30,000
2.213 X1	15.580 X2	≤	30,000
19.135 X1		≤	18,000
3.664 X1	14.694 X2	≤	30,000
1.181 X1		≤	12,000
2.688 X1		≤	12,000
0.326 X1		≤	12,000
14.786 X1		≤	18,000
1.408 X1	9.915 X2	≤	30,000
0.407 X1		≤	12,000
0.489 X1		≤	12,000
0.979 X1		≤	12,000
	X1,X2	≥	0

Fuente: elaboración propia.

2.5.1.6.1. Función objetivo

El modelo de programación lineal es de la forma maximizar.

- X1: cantidad de hilo Tex 40 por operación
- X2: cantidad de hilo Tex 18 por operación

Tomando en cuenta el modelo de programación lineal anterior se presenta la siguiente función objetivo con el objetivo de maximizar la utilización del hilo:

$$\text{MAX } XO = 3,59 X1 + 2,75 X2$$

2.5.1.6.2. Restricciones

Para aplicar el modelo de restricción se utilizará la cantidad de puntadas que requiere una operación en cada proceso, utilizando el total de las cantidades de hilo Tex 40 y Tex 18 que requiere cada máquina para coser.

Tabla XXVIII. Restricciones, línea de capuchón

	Operación	Consumo de hilo Tex 40 (yardas)	Consumo de hilo Tex 18 (yardas)	Total de yardas en la máquina
1	Unir forro al centro	2,213	15 580	30 000
2	Unir forro al centro	2,213	15 580	30 000
3	Unir cuerpo (<i>fleece</i>)	2,213	15 580	30 000
4	Unir cuerpo (<i>fleece</i>) + Link	2,213	15 580	30 000
5	Sobrecoser uniones en cuerpo	2,213	0	18 000
6	Cerrar capuchón - Unir forro a cuerpo	3,664	14 694	30 000
7	Hacer ojales	1,181	0	12 000
8	Hacer ojales	2,688	0	12 000
9	Coser <i>link</i> de capuchón	0,326	0	12 000
10	Ruedo de capuchón	14,786	0	18 000
11	Cerrar capuchón	1,408	9 915	30 000
12	Traslape capuchón	0,407	0	12 000
13	Atracar pita dentro del capuchón	0,489	0	12 000
14	Atracar pita	0,979	0	12 000

Fuente: elaboración propia.

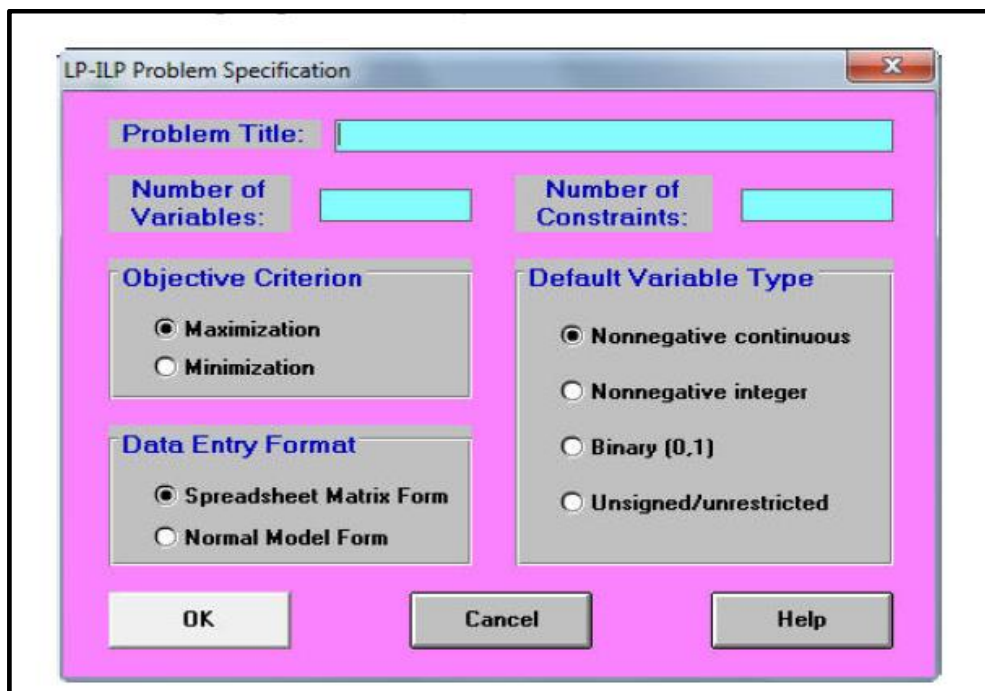
La solución del problema se realizó por medio del programa de computadora llamado WinQSB, el cual es un sistema interactivo que ayuda a la toma de decisiones y que contienen herramientas útiles para resolver distintos tipos de problemas en el campo de la investigación operativa.

El sistema está formado por distintos módulos, uno para cada tipo de modelo o problema. A continuación, se describe la forma en que se ingresa la información al programa:

- Introducción de un nuevo problema

La ventana que aparece es la siguiente:

Figura 27. **Ventana 1, WinQSB**



Fuente: elaboración propia.

Se deberán llenar los siguientes campos:

- *Problem title*: ingresar un título para el problema que se va a introducir.
- *Number of variables*: ingresar el número de variables del problema.
- (X1= cantidad de hilo Tex 40 por operación y X2= cantidad de hilo Tex 18 por operación).
- *Numer of constraints*: ingresar el número de restricciones del problema.

En este problema son 14 restricciones las que se deben ingresar.

Además, se debe especificar en *objective criterion*, el tipo de problema (si es maximizar (*maximization*) o de minimizar (*minimization*). El problema a resolver es de maximización ya que se maximizarán de los recursos y se encontrará el valor más óptimo.

En *default variable type*, el tipo de variable que se tiene, por defecto: Continuas no negativas (*non negatives continuous*) enteras no negativas (*non negatives integer*), binarias (*binary (0,1)*) o sin ninguna restricción ni de signo ni acotación (*unsigned/unrestricted*)

En *data entry format*: pertenece al tipo de formato para la entrada de datos: el formato de datos *spreadsheet matrix form* presenta la hoja de cálculo como la siguiente:

Figura 28. **Spreadsheet 1, matrix form**

Variable -->	X1	X2	X3	Direction	R. H. S.
Maximize					
C1				<=	
C2				<=	
LowerBound	0	0	0		
UpperBound	M	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous		

en la que debemos introducir

- Los coeficientes (**costes**) de la función objetivo en la primera fila.
- Los coeficientes (**tasas de uso**) de cada restricción, seguidos del **sentido** de la restricción y del término del lado derecho (**recursos**), en cada una de las filas siguientes. Para cambiar el sentido de la restricción se hace doble click en la correspondiente casilla y su valor va cambiando.
- **Acotaciones**, si las hubiera, para cada variable.

Fuente: elaboración propia.

Al ingresar la información al módulo de programación lineal se logra resolver el problema por medio de un algoritmo Simplex. El resultado es el siguiente:

Tabla XXIX. **Modelo de programación lineal, línea de capuchón**

Variable -->	X1	X2	Direction	R. H. S.
Maximize	3.59	2.75		
C1	2.213	15.6	<=	30000
C2	2.213	15.6	<=	30000
C3	2.213	15.6	<=	30000
C4	2.213	15.6	<=	30000
C5	19.14	0	<=	18000
C6	3.67	14.7	<=	30000
C7	1.18	0	<=	12000
C8	2.69	0	<=	12000
C9	0.33	0	<=	12000
C10	14.8	0	<=	18000
C11	1.41	9.92	<=	30000
C12	0.41	0	<=	12000
C13	0.49	0	<=	12000
C14	0.98	0	<=	12000
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. Solución del problema por medio de programación lineal, línea de capuchón

	17:01:59		Saturday	March	25	2017		
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	940.4389	3.5900	3,376.1760	0	basic	0.3901	M
2	X2	1,789.6670	2.7500	4,921.5850	0	basic	0	25.3068
	Objective	Function	(Max.) =	8,297.7610				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	30,000.0000	<=	30,000.0000	0	0.1763	2,081.1910	30,000.0000
2	C2	30,000.0000	<=	30,000.0000	0	0	30,000.0000	M
3	C3	30,000.0000	<=	30,000.0000	0	0	30,000.0000	M
4	C4	30,000.0000	<=	30,000.0000	0	0	30,000.0000	M
5	C5	18,000.0000	<=	18,000.0000	0	0.1672	0	20,904.5900
6	C6	29,759.5200	<=	30,000.0000	240.4820	0	29,759.5200	M
7	C7	1,109.7180	<=	12,000.0000	10,890.2800	0	1,109.7180	M
8	C8	2,529.7810	<=	12,000.0000	9,470.2200	0	2,529.7800	M
9	C9	310.3448	<=	12,000.0000	11,689.6600	0	310.3447	M
10	C10	13,918.5000	<=	18,000.0000	4,081.5040	0	13,918.5000	M
11	C11	19,079.5200	<=	30,000.0000	10,920.4800	0	19,079.5200	M
12	C12	385.5800	<=	12,000.0000	11,614.4200	0	385.5801	M
13	C13	460.8151	<=	12,000.0000	11,539.1800	0	460.8154	M
14	C14	921.6301	<=	12,000.0000	11,078.3700	0	921.6299	M

Fuente: elaboración propia.

- X1: cantidad de hilo Tex 40 por operación = 940 yardas
- X2: cantidad de hilo Tex 18 por operación = 1 790 yardas

Análisis de resultados; se necesitan 940 yardas del hilo Tex 40 por operación y 1 790 yardas por operación del hilo Tex 18.

2.5.1.6.3. Distribución de hilos por máquina

En la siguiente tabla se muestra la distribución de hilos de la máquina propuesta en la línea de capuchón en la empresa objeto de estudio.

Tabla XXXI. **Distribución de hilo propuesto, línea de capuchón**

	Operación	Tipo de máquina	Cantidad óptima de hilo Tex 40 (yardas)	Cantidad óptima de hilo Tex 18 (yardas)
1	Unir forro al centro	Overlock 3H	940	1 790
2	Unir forro al centro	Overlock 3H	940	1 790
3	Unir cuerpo (<i>fleece</i>)	Overlock 3H	940	1 790
4	Unir cuerpo (<i>fleece</i>) + <i>link</i>	Overlock 3H	940	1 790
5	Sobrecoser uniones en cuerpo	Collaretera	940	0
6	Cerrar capuchón - unir forro a cuerpo	Overlock 3H	940	1 790
7	Hacer ojales	Ojaladora	940	0
8	Sobrecoser a 1/16	Plana	940	0
9	Coser <i>link</i> de capuchón	Plana	940	0
10	Ruedo de capuchón	Collaretera	940	0
11	Cerrar capuchón	Overlock 3H	940	1 790
12	Traslape Capuchón	Plana	940	0
13	Atracar pita dentro del capuchón	Atracadora	940	0
14	Atracar pita	Atracadora	940	0
	Total de yardas óptima en la línea de producción		13 160	10 740
	Costo de Hilo en la línea de producción		\$7 87	\$2 40

Fuente: elaboración propia.

- Análisis de costos

Tabla XXXII. **Análisis de costos de hilo de la distribución de hilo actual vs. óptimo, línea de capuchón**

	Tex 40 US\$/línea	Tex 18 US\$/línea
Modelo actual	75,39	33,00
Modelo óptimo	7,87	2,40
% Ahorro	90 %	93 %

Fuente: elaboración propia.

2.5.2. Línea “J”

A continuación, se desglosan los pasos que proceden para el análisis de la línea “J” estos inician con el estudio de tiempos de los procesos actuales; también, la holgura propuesta; y se definió el SAM (*standard allowed minute*) para realizar el diagrama de procesos y analizar la eficiencia de producción; en esta fase procede la creación del modelo de programación lineal.

2.5.2.1. Estudio de tiempos

En el análisis realizado a la línea de producción “J” es de suma relevancia mostrar el estudio de tiempos propuesto, por lo mismo en la siguiente tabla se da el control de tiempos de 28 operaciones, evaluado por operario, tipo de operación, por ciclo, se evalúa el tiempo normal y se presenta el tiempo estándar en la operación de la línea de producción “J”.

Tabla XXXIII. Estudio de tiempos propuesto, línea “J”

EMPRESA:	TEKSUN, S.A	CONTROL DE TIEMPOS										MÉTODO	PROPUESTO			
FECHA:	Octubre 2017											ESTILO:	MU05			
LÍNEA:	J											META:	1500 pz			
Realizado por:	Lissa Ponciano											MIN ALDÍA:	500			
												Tolerancia Propuesta ↓				
												Tiempo Normal	Tolerancia: 18%			
												CICLOS (seg)		PROMEDIO TIEMPOS (sec)	TIEMPOS (min)	Tiempo Estandar SAM (Min)
OPERACIÓN	OPERARIOS	Tipo de Operación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	1	Manual	8,77	7,71	7,52	7,80	9,31	6,35	7,48	6,28	7,08	7,68	7,60	0,127	0,149	
2	1	Operativo	7,74	8,18	8,48	9,05	8,61	8,98	8,16	9,15	8,40	8,11	8,49	0,141	0,167	
3	1	Operativo	4,68	6,48	6,51	5,78	5,25	5,34	5,32	7,36	6,27	5,03	5,80	0,097	0,114	
4	1	Operativo	19,75	21,29	17,85	20,36	19,75	16,41	15,64	16,02	16,35	15,25	17,87	0,298	0,351	
5	1	Operativo	14,85	11,05	9,25	10,32	9,15	11,12	10,65	12,82	11,95	10,88	11,20	0,187	0,220	
6	1	Operativo	10,51	10,44	11,65	11,29	11,41	12,09	13,27	11,62	10,84	10,85	11,40	0,190	0,224	
7	1	Operativo	13,82	15,48	14,11	13,85	16,35	14,52	13,91	14,38	14,42	14,14	14,50	0,242	0,285	
8	1	Operativo	8,48	16,47	11,82	16,86	13,45	12,75	16,66	11,21	13,12	12,58	13,34	0,222	0,262	
9	1	Operativo	12,58	16,55	13,86	13,95	9,93	10,14	8,12	7,41	7,95	6,67	10,72	0,179	0,211	
10	2	Operativo	12,17	19,13	15,91	15,68	14,95	13,38	16,44	14,02	14,37	14,09	30,03	0,500	0,591	
11	2	Operativo	24,79	25,08	25,46	24,56	23,06	24,55	26,12	26,07	23,54	23,78	49,40	0,823	0,972	
12	3	Operativo	30,49	30,11	28,23	30,79	27,70	27,86	32,93	35,73	31,42	30,41	30,57	0,509	0,601	
13	1	Manual	7,19	6,15	7,00	7,20	7,25	7,19	6,58	7,35	7,19	7,20	7,19	0,120	0,141	
14	1	Operativo	6,01	4,62	5,75	5,95	6,74	6,01	7,79	6,55	7,40	5,88	12,54	0,209	0,247	
15	1	Operativo	5,25	5,25	4,96	5,93	5,00	4,32	4,45	6,04	4,46	4,71	10,07	0,168	0,198	
16	1	Operativo	13,09	13,15	14,32	13,27	14,68	16,55	14,35	14,16	16,25	16,45	14,63	0,244	0,288	
17	1	Operativo	12,49	14,52	9,74	11,05	10,32	10,23	10,84	10,32	11,59	10,86	11,20	0,187	0,220	
18	1	Manual	14,11	14,97	15,12	16,05	14,94	15,64	17,45	18,35	12,45	14,58	15,37	0,256	0,302	
19	1	Manual	11,98	13,24	10,08	11,22	9,35	10,35	10,52	10,71	9,55	12,29	10,93	0,182	0,215	
20	2	Operativo	29,99	32,85	27,99	31,00	27,65	33,02	26,44	31,32	25,66	24,14	29,01	0,483	0,570	
21	1	Operativo	14,62	13,21	15,34	16,74	16,20	14,61	16,71	14,27	16,14	15,31	15,32	0,255	0,301	
22	1	Operativo	13,64	13,48	12,32	13,16	11,22	15,32	14,75	12,98	13,64	14,25	13,48	0,225	0,265	
23	1	Operativo	13,00	13,98	15,03	15,20	11,32	11,58	14,23	15,65	14,11	13,65	13,78	0,230	0,271	
24	1	Operativo	12,68	13,12	16,57	12,48	13,44	12,88	12,31	10,15	13,63	12,44	12,97	0,216	0,255	
25	4	Manual	44,00	48,84	53,90	40,43	61,14	49,83	47,17	54,90	48,69	52,26	50,12	0,835	0,986	
26	1	Operativo	15,58	19,92	16,32	14,51	18,13	15,26	17,24	16,74	16,36	16,68	16,67	0,278	0,328	
27	2	Manual	20,36	16,54	17,14	21,14	17,16	14,13	16,77	19,18	16,71	17,14	17,63	0,294	0,347	
28	1	Manual	8,22	7,71	8,98	8,76	7,79	8,21	8,54	7,12	7,44	7,57	8,03	0,134	0,158	
37												7,830		9,240		

Fuente: elaboración propia.

2.5.2.2. Holgura propuesta

Se realizó un estudio de holguras para la línea de producción “J”; se evalúan las condiciones de la posición, iluminación, ruido esfuerzo mental, monotonía, tedio, entre otros. Con base en el análisis se determinó lo siguiente:

Tabla XXXIV. Tolerancia propuesta, línea “J”

EMPRESA: TEXSUN S.A		REALIZADO POR:		LISSA PONCIANO				
FECHA: Octubre 2017								
PROPUESTA TABLA DE TOLERANCIAS EMPRESA TEXSUN								
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="width: 25%; text-align: center;">Operario en máquina</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">Operario de calidad y empaque</td> </tr> </table>							Operario en máquina	Operario de calidad y empaque
	Operario en máquina	Operario de calidad y empaque						
A	Holguras constantes							
	Holgura personal	5	5	5				
	Holgura por fatiga básica	4	4	4				
B	Holguras variables							
	1.Holgura por estar parado	2	0	2				
	2.Holgura por posición anormal							
	a. un poco incomoda	0		0				
	b. incomoda (flexionado)	2	2					
	c. muy incomoda (acostado, estirado)	7						
	3.Uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar)							
	Peso levantado en libras							
	5	0	0	0				
	10	1						
	15	2						
	20	3						
	25	4						
	30	5						
	35	7						
	40	9						
	45	11						
	50	13						
	60	17						
	70	22						
	4. Mala iluminación							
	a. un poco debajo de lo recomendado	0	0	0				
	b. bastante debajo de lo recomendado	2						
	c. muy inadecuada	5						
	5. Condiciones Atmosféricas (calor y humedad): variable	0-100	0	0				
	6. Atención cercana							
	a. trabajo bastante fino	0						
	b. trabajo fino o exacto	2	2	2				
	c. trabajo muy fino o exacto	5						
	7. Nivel de Ruido							
	a. continuo	0						
	b. intermitente fuerte	2	2	2				
	c. intermitente: muy fuerte	5						
	d. de tono alto: muy fuerte	5						
	8. Esfuerzo mental							
	a. proceso bastante complejo	1	1	1				
	b. espacio de atención compleja o amplia	4						
	c. muy complejo	8						
	9. Monotonía							
	a. baja	0	0	0				
	b. media	1						
	c. alta	4						
	10. Tedio							
	a. algo tedioso	0						
	b. tedioso	2	2	2				
	c. muy tedioso	5						
	TOTAL		18	18				

Fuente: elaboración propia.

2.5.2.3. SAM (standard allowed minute), holgura para la línea “J”

Considerando una holgura del 18 % para el tiempo promedio, el SAM propuesto para la línea “J” es 9,24 minutos. El SAM actual de la línea es de 15.601 minutos. Esto representa un ahorro del 60 % en el tiempo de confección.

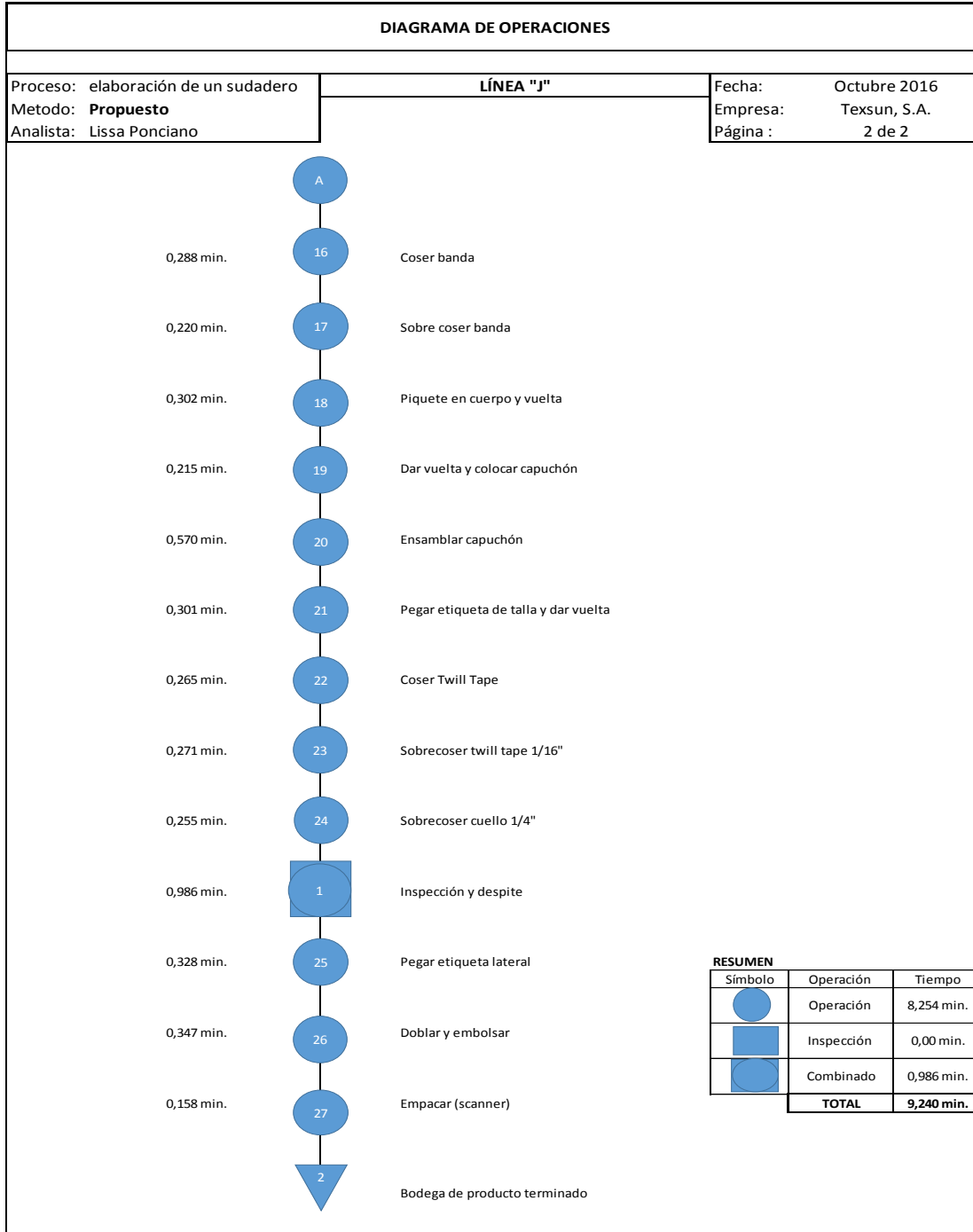
2.5.2.4. Diagrama del proceso

A continuación, se da la representación gráfica de los pasos que se siguen en la secuencia de actividades, dentro de un proceso, en la línea de producción “J” identificándolos a través de símbolos. Además, se incluye toda la información necesaria para el análisis, como el tiempo de recorridos, la cantidad considerada y el tiempo requerido del proceso de la empresa Texsun S.A.

Figura 29. Diagrama de operaciones propuesto para la línea “J”



Continuación de la figura 29.



Fuente: elaboración propia.

2.5.2.5. Eficiencia

En la siguiente tabla se muestra la eficiencia propuesta en la línea "J", que interviene el tiempo usado en cada operación, por operario y máquinas, así se determinó la eficiencia de los mismos con el objetivo de aprovecharlos a lo máximo en la producción.

Tabla XXXV. Eficiencia propuesta, línea "J"

EMPRESA:	TEXSUN, S.A	CÁLCULO DE LA EFICIENCIA			MÉTODO	
FECHA:	Octubre 2017				ESTILO:	ML005
LÍNEA:	J				META:	1500 pt
Realizado por:	Lissa Ponciano				MIN AL DÍA:	500
			Tiempo Normal		Tolerancia: 18%	
			PROMEDIO TIEMPOS (sec)	PROMEDIO TIEMPOS (min)	SAM Propuesto (Min)	Unidades por Día SAM Propuesto
1	Marcar posición de bolsa	1	7,598	0,127	0,149	3346
2	Rueda Bolsa	1	8,486	0,141	0,167	2996
3	Limpieza Bolsa / Sobre hilar bolsa	1	5,802	0,097	0,114	4382
4	Coser inferior de la bolsa	1	17,867	0,298	0,351	1423
5	Coser superior de la bolsa	1	11,204	0,187	0,220	2269
6	Sobrecoser bolsa	1	11,397	0,190	0,224	2231
7	Atraque de Bolsa	1	14,498	0,242	0,285	1754
8	Unir Hombro	1	13,340	0,222	0,262	1906
9	Sobrecoser hombros	1	10,716	0,179	0,211	2373
10	Coser Manga izquierda / derecha	2	30,028	0,500	0,591	847
11	Sobrecoser mangas	2	49,402	0,823	0,972	515
12	Cerrar costados con cerradora	3	30,567	0,509	0,601	832
13	Dar vuelta	1	7,190	0,120	0,141	3536
14	Pegar Puño	1	12,540	0,209	0,247	2027
15	Sobrecoser puños	1	10,074	0,168	0,198	2524
16	Pegar Banda	1	14,627	0,244	0,288	1738
17	Sobrecoser banda	1	11,196	0,187	0,220	2271
18	Piquete en cuerpo y vuelta	1	15,366	0,256	0,302	1655
19	Dar vuelta y colocar capuchón	1	10,929	0,182	0,215	2326
20	Ensamblar capuchón	2	29,006	0,483	0,570	876
21	Pegar etiqueta de talla y dar vuelta	1	15,315	0,255	0,301	1660
22	Coser Twill Tape	1	13,476	0,225	0,265	1887
23	Sobrecoser twill tape 1/16"	1	13,775	0,230	0,271	1846
24	Sobrecoser cuello 1/4"	1	12,970	0,216	0,255	1960
25	Inspección y despite	4	50,116	0,835	0,986	507
26	Pegar etiqueta lateral	1	16,674	0,278	0,328	1525
27	Doblar y embolsar	2	17,627	0,294	0,347	1442
28	Empacar (scanner)	1	8,034	0,134	0,158	3165
		37		7,830	9,240	2002

Núm. Operarios	SAM LÍNEA ESTABLECIDO POR	SAM LÍNEA "J" ACTUAL	Unidades por Día Actual	Unidades por Día SAM Propuesto	DIFERENCIA	% PRODUCTIVIDAD
37	TEXSUN	15,601	2002	1186	816	69 %

Fuente: elaboración propia.

Para el estudio de la productividad en la línea, se calcularon las unidades producidas con el SAM propuesto y el SAM actual de la línea “J”.

% productividad

$$= \frac{(\text{unidades producidas SAM propuesto} - \text{unidades producidas SAM actual})}{\text{unidades producidas SAM actual}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{(2\ 002 - 1\ 186)}{1\ 186} = 69\ \%$$

El resultado demuestra que con el SAM propuesto se logra obtener mayor cantidad de unidades a producir al día comparándolo con el SAM actual. Se obtiene una productividad del 69 % para la línea “J”.

Es importante mencionar que esta es la línea que produce el producto final: un sudadero. Producir más de 800 unidades al día resulta de gran beneficio para la empresa Texsun si se logra aplicar el SAM propuesto.

2.5.2.6. Creación del modelo de programación lineal

Texsun, S.A. utiliza dos diferentes tipos de hilo para la confección del sudadero ML005: el hilo Tex40 y el hilo Tex 18. El costo de cada uno es de \$3,59/cono y \$2,75/cono respectivamente. La presentación de los conos por parte del proveedor es de: Tex 40 es de 6 000 yardas por cono y 12 000 yardas para el Tex 18. La distribución actual de conos de hilo y su equivalente en yardas en cada una de las máquinas está asignada de la siguiente manera:

Tabla XXXVI. Modelo de programación lineal, línea "J"

	Operación	Tipo de Máquina	Cantidad de conos por máquina Tex 40	Total hilo Tex 40 en máquina (yardas)	Cantidad de conos por máquina Tex 18	Total hilo Tex 18 en máquina (yardas)
1	Rueda bolsa	collaretera	3	18 000	0	0
2	Limpieza bolsa / sobre hilar bolsa	Overlock 3H	2	12 000	1	12 000
3	Coser inferior de la bolsa	Plana	2	12 000	0	0
4	Coser superior de la bolsa	Plana	2	12 000	0	0
5	Sobrecoser bolsa	Plana	2	12 000	0	0
6	Atraque de bolsa	Atracadora	2	12 000	0	0
7	Unir hombro	Overlock 5H	2	12 000	3	36 000
8	Sobrecoser hombros	collaretera	3	18 000	0	0
9	Coser Manga izquierda	Overlock 4H	2	12 000	2	24 000
10	Coser Manga derecha	Overlock 4H	2	12 000	2	24 000
11	Sobrecoser mangas	collaretera	3	18 000	0	0
12	Sobrecoser mangas	collaretera	3	18 000	0	0
13	Cerrar costados con cerradora	cerradoras	4	24 000	0	0
14	Cerrar costados con cerradora	cerradoras	4	24 000	0	0
15	Cerrar costados con cerradora	cerradoras	4	24 000	0	0
16	Coser puño	Overlock 4H	2	12 000	2	24 000
17	Sobrecoser puños	collaretera	3	18 000	0	0
18	Coser banda	Overlock 4H	2	12 000	2	24 000
19	Sobrecoser banda	collaretera	3	18 000	0	0
20	Ensamblar capuchón	Overlock 4H	2	12 000	2	24 000
21	Ensamblar capuchón	Overlock 4H	2	12 000	2	24 000
22	Coser etiqueta de talla	Plana	2	12 000	0	0
23	Coser <i>twill tape</i>	Plana	2	12 000	0	0
24	Sobrecoser <i>twill tape</i> 1/16"	Plana	2	12 000	0	0
25	Sobrecoser cuello 1/4"	Plana	2	12 000	0	0
26	Pegar etiqueta lateral	Plana	2	12 000	0	0
	Total		64	384 000	16	192 000
	@		\$ 229,60		@	\$ 44,00

Fuente: elaboración propia.

2.5.2.6.1. Función objetivo

El modelo de programación lineal es de la forma maximizar:

- X1: cantidad de hilo Tex 40 por operación
- X2: cantidad de hilo Tex 18 por operación

Tomando en cuenta el modelo de programación lineal anterior se presenta la siguiente función objetivo con el objetivo de maximizar la utilización del hilo:

$$\text{MAX } XO = 3.59 X1 + 2.75 X2$$

2.5.2.6.2. Restricciones

Para aplicar el modelo de restricción se utilizará la cantidad de puntadas por operación que requiere una operación que utiliza el total de las cantidades de hilo Tex 40 y Tex 18 que requiere cada máquina para poder coser.

Tabla XXXVII. Restricciones, línea "J"

	Operación	Consumo de hilo Tex 40 (yardas)	Cantidad óptima de hilo Tex 40 (yardas)	Cantidad óptima de hilo Tex 18 (yardas)
1	Rueda bolsa	9,567	0	18 000
2	Limpieza bolsa / sobre hilar bolsa	1,056	7,44	24 000
3	Coser inferior de la bolsa	1,629	0	12 000
4	Coser superior de la bolsa	0,978	0	12 000
5	Sobrecoser bolsa	1,629	0	12 000
6	Atraque de bolsa	1,958	0	12 000
7	Unir hombro	2,731	8,04	48 000
8	Sobrecoser hombros	7,828	0	18 000
9	Coser manga izquierda	5,995	24,04	36 000
10	Coser manga derecha	5,995	24,04	36 000
11	Sobrecoser mangas	23,483	0	18 000

Continuación de la tabla XXXVII.

12	Sobrecoser mangas	23,483	0	18 000
13	Cerrar costados con cerradora	51,497	0	24 000
14	Cerrar costados con cerradora	51,497	0	24 000
15	Cerrar costados con cerradora	51,497	0	24 000
16	Coser puño	3,219	12,91	36 000
17	Sobrecoser puños	12,611	0	18 000
18	Coser banda	5,218	20,93	36 000
19	Sobrecoser banda	20,439	0	18 000
20	Ensamblar capuchón	3,108	12,47	36 000
21	Ensamblar capuchón	3,108	12,47	36 000
22	Coser etiqueta de talla	0,407	0	12 000
23	Coser <i>twill tape</i>	1,41	0	12 000
24	Sobrecoser <i>twill tape</i> 1/16"	1,41	0	12 000
25	Sobrecoser cuello 1/4"	1,385	0	12 000
26	Pegar etiqueta lateral	0,407	0	12 000

Fuente: elaboración propia.

Modelo de programación lineal: el modelo de programación lineal para la cantidad de hilo óptimo en el sudadero ML005 es el siguiente:

$$\text{MAX } X_0 = 3,59 X_1 + 2,75 X_2$$

Sujeto a:

Tabla XXXVIII. **Programación lineal**

9,567 X1	0	≤	18 000
1,056 X1	7,44 X2	≤	24 000
1,629 X1	0	≤	12 000
0,978 X1	0	≤	12 000
1,629 X1	0	≤	12 000
1,958 X1	0	≤	12 000
2,731 X1	8,04 X2	≤	48 000
7,828 X1	0	≤	18 000
5,995 X1	24,04 X2	≤	36 000

Continuación de la tabla XXXVII.

23,483 X1	0	≤	18 000
23,483 X1	0	≤	18 000
51,497 X1	0	≤	24 000
51,497 X1	0	≤	24 000
51,497 X1	0	≤	24 000
3,219 X1	12,91 X2	≤	36 000
12,611 X1	0	≤	18 000
5,218 X1	20,93 X2	≤	36 000
20,439 X1	0	≤	18 000
3,108 X1	12,47 X2	≤	36 000
3,108 X1	12,47 X2	≤	36 000
0,407 X1	0	≤	12 000
1,41 X1	0	≤	12 000
1,41 X1	0	≤	12 000
1,385 X1	0	≤	12 000
0,407 X1	0	≤	12 000
	X1,X2	≥	0

Fuente: elaboración propia.

La solución del problema se realizó por medio del programa de computadora llamado WinQSB; el cual es un sistema interactivo que ayuda a la toma de decisiones y que contienen herramientas útiles para resolver distintos tipos de problemas en el campo de la investigación operativa.

El sistema está formado por distintos módulos, uno para cada tipo de modelo o problema. A continuación, se describe la forma en que se ingresa la información al programa:

- Introducción de un nuevo problema

La ventana que aparece es la siguiente:

Figura 30. Ventana 2, WInSB

The image shows a dialog box titled "LP-ILP Problem Specification". It contains the following fields and options:

- Problem Title:** An empty text input field.
- Number of Variables:** An empty numeric input field.
- Number of Constraints:** An empty numeric input field.
- Objective Criterion:** Radio buttons for "Maximization" (selected) and "Minimization".
- Data Entry Format:** Radio buttons for "Spreadsheet Matrix Form" (selected) and "Normal Model Form".
- Default Variable Type:** Radio buttons for "Nonnegative continuous" (selected), "Nonnegative integer", "Binary (0,1)", and "Unsigned/unrestricted".
- Buttons:** "OK", "Cancel", and "Help" buttons at the bottom.

Fuente: elaboración propia.

Se deberán llenar los siguientes campos:

- *Problem title:* ingresar un título para el problema que se va a introducir.
- *Number of variables:* ingresar el número de variables del problema.
- (X1= cantidad de hilo Tex 40 por operación y X2= cantidad de hilo Tex 18 por operación).
- *Numer of constraints:* ingresar el número de restricciones del problema.

- *Numer of constraints*: ingresar el número de restricciones del problema.

En este problema son 26 restricciones las que se deben ingresar.

Además, se debe especificar en *objective criterion*, el tipo de problema (si es maximizar (*maximization*) o de minimizar (*minimization*). El problema a resolver es de maximización ya que se van a reducir los costos por medio de la maximización de los recursos.

En *default variable type*, el tipo de variable que se tiene, por defecto: Continuas no negativas (*non negatives continuous*) enteras no negativas (*non negatives integer*), binarias (*binary (0,1)*) o sin ninguna restricción ni de signo ni acotación (*unsigned/unrestricted*)

En *data entry format*: pertenece al tipo de formato para la entrada de datos: El formato de datos *spreadsheet matrix form* presenta la hoja de cálculo como la siguiente:

Figura 31. **Spreadsheets 2, matrix form**

Variable -->	X1	X2	X3	Direction	R. H. S.
Maximize					
C1				<=	
C2				<=	
LowerBound	0	0	0		
UpperBound	M	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous		

en la que debemos introducir

- Los coeficientes (**costes**) de la función objetivo en la primera fila.
- Los coeficientes (**tasas de uso**) de cada restricción, seguidos del **sentido** de la restricción y del término del lado derecho (**recursos**), en cada una de las filas siguientes. Para cambiar el sentido de la restricción se hace doble click en la correspondiente casilla y su valor va cambiando.
- **Acotaciones**, si las hubiera, para cada variable.

Fuente: elaboración propia.

Al ingresar la información al módulo de programación lineal se logra resolver el problema por medio de un algoritmo Simplex. El resultado es el siguiente:

El resultado se muestra en la siguiente tabla:

Tabla XXXIX. **Modelo de programación lineal, línea “J”**

Variable -->	X1	X2	Direction	R. H. S.
Maximize	3.59	2.75		
C1	9.567	0	<=	18000
C2	1.056	7.44	<=	24000
C3	1.629	0	<=	12000
C4	0.978	0	<=	12000
C5	1.629	0	<=	12000
C6	1.958	0	<=	12000
C7	2.731	8.04	<=	48000
C8	7.828	0	<=	18000
C9	5.995	24.04	<=	36000
C10	5.995	24.04	<=	36000
C11	23.483	0	<=	18000
C12	23.483	0	<=	18000
C13	51.497	0	<=	24000
C14	51.497	0	<=	24000
C15	51.497	0	<=	24000
C16	3.219	12.91	<=	36000
C17	12.611	0	<=	18000
C18	5.218	20.93	<=	36000
C19	20.439	0	<=	18000
C20	3.108	12.47	<=	36000
C21	3.108	12.47	<=	36000
C22	0.407	0	<=	12000
C23	1.141	0	<=	12000
C24	1.141	0	<=	12000
C25	1.385	0	<=	12000
C26	0.407	0	<=	12000
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. Solución del problema por medio de programación lineal, línea "J"

	17:25:36		Saturday	March	25	2017		
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	466.0465	3.5900	1,673.1070	0	basic	0.6858	M
2	X2	1,381.2830	2.7500	3,798.5290	0	basic	0	14.3959
	Objective	Function	(Max.) =	5,471.6360				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	4,458.6680	<=	18,000.0000	13,541.3300	0	4,458.6680	M
2	C2	10,768.8900	<=	24,000.0000	13,231.1100	0	10,768.8900	M
3	C3	759.1898	<=	12,000.0000	11,240.8100	0	759.1895	M
4	C4	455.7935	<=	12,000.0000	11,544.2100	0	455.7939	M
5	C5	759.1898	<=	12,000.0000	11,240.8100	0	759.1895	M
6	C6	912.5191	<=	12,000.0000	11,087.4800	0	912.5195	M
7	C7	12,378.2900	<=	48,000.0000	35,621.7100	0	12,378.2900	M
8	C8	3,648.2120	<=	18,000.0000	14,351.7900	0	3,648.2130	M
9	C9	36,000.0000	<=	36,000.0000	0	0.1144	2,793.9490	36,000.0000
10	C10	36,000.0000	<=	36,000.0000	0	0	36,000.0000	M
11	C11	10,944.1700	<=	18,000.0000	7,055.8290	0	10,944.1700	M
12	C12	10,944.1700	<=	18,000.0000	7,055.8290	0	10,944.1700	M
13	C13	24,000.0000	<=	24,000.0000	0	0.0564	0	24,000.0000
14	C14	24,000.0000	<=	24,000.0000	0	0	24,000.0000	M
15	C15	24,000.0000	<=	24,000.0000	0	0	24,000.0000	M
16	C16	19,332.5700	<=	36,000.0000	16,667.4300	0	19,332.5700	M
17	C17	5,877.3130	<=	18,000.0000	12,122.6900	0	5,877.3140	M
18	C18	31,342.0900	<=	36,000.0000	4,657.9100	0	31,342.0900	M
19	C19	9,525.5240	<=	18,000.0000	8,474.4750	0	9,525.5250	M
20	C20	18,673.0800	<=	36,000.0000	17,326.9200	0	18,673.0800	M
21	C21	18,673.0800	<=	36,000.0000	17,326.9200	0	18,673.0800	M
22	C22	189.6809	<=	12,000.0000	11,810.3200	0	189.6807	M
23	C23	531.7591	<=	12,000.0000	11,468.2400	0	531.7588	M
24	C24	531.7591	<=	12,000.0000	11,468.2400	0	531.7588	M
25	C25	645.4744	<=	12,000.0000	11,354.5300	0	645.4746	M
26	C26	189.6809	<=	12,000.0000	11,810.3200	0	189.6807	M

Fuente: elaboración propia.

En donde X1 representa la cantidad óptima de hilo Tex 40 por operación equivalente a 466 yardas y X2 representa la cantidad óptima de hilo Tex 18 por operación equivalente a 1 381 yardas.

2.5.2.6.3. Distribución de hilo por máquina

En la distribución de hilos por máquina de la línea de producción “J”, una vez analizados los procesos se necesitan 466 yardas del hilo Tex 40 por operación y 1 381 yardas por operación del hilo Tex 18. Ver la siguiente tabla.

Tabla XLI. Distribución de hilo en la a línea “J”

	Operación	Tipo de máquina	Cantidad óptima de hilo Tex 40 (yardas)	Cantidad óptima de hilo Tex 18 (yardas)
1	Rueda Bolsa	collaretera	466	0
2	Limpieza Bolsa / Sobre hilar bolsa	Overlock 3H	466	1 382
3	Coser inferior de la bolsa	Plana	466	0
4	Coser superior de la bolsa	Plana	466	0
5	Sobrecoser bolsa	Plana	466	0
6	Atraque de Bolsa	Atracadora	466	0
7	Unir Hombro	Overlock 5H	466	1 382
8	Sobrecoser hombros	collaretera	466	0
9	Coser Manga izquierda	Overlock 4H	466	1 382
10	Coser Manga derecha	Overlock 4H	466	1 382
11	Sobrecoser mangas	collaretera	466	0
12	Sobrecoser mangas	collaretera	466	0
13	Cerrar costados con cerradora	cerradoras	466	0
14	Cerrar costados con cerradora	cerradoras	466	0
15	Cerrar costados con cerradora	cerradora	466	0
16	Coser Puño	Overlock 4H	466	1 382
17	Sobrecoser puños	collaretera	466	0

Continuación de la tabla XLI.

18	Coser Banda	Overlock 4H		
19	Sobrecoser banda	collaretera	466	0
20	Ensamblar capuchón	Overlock 4H	466	1 382
21	Ensamblar capuchón	Overlock 4H	466	1 382
22	Coser etiqueta de talla	Plana	466	0
23	Coser Twill Tape	Plana	466	0
24	Sobrecoser twill tape 1/16"	Plana	466	0
25	Sobrecoser cuello 1/4"	Plana	466	0
26	Pegar etiqueta lateral	Plana	466	0
	Total de yardas óptima en la línea de producción		12,116	11 056
	Costo de hilo en la línea de producción		\$ 7 25	\$ 2,53

Fuente: elaboración propia.

2.5.2.6.4. Recursos

Para llevar a cabo la propuesta de hilo, se necesita la disponibilidad del proveedor de hilo para reducir la presentación de hilos por cono. A continuación, se muestra la propuesta a los proveedores actuales de hilo a la empresa Textsun, S.A. No es necesario incrementar o reducir la cantidad de máquinas y operarios por línea ya que la maquinaria y el personal actual logran alcanzar la meta de producción. Debido a que es la única línea que no tiene cambios de estilos resulta mantener el ritmo de producción y mantener la eficiencia de la línea.

2.5.2.6.5. Proveedores

La presentación actual del hilo Tex 40 es de 6 000 yardas por cono y del hilo Tex 18 es de 12 000 yardas por cono. Se propone al proveedor cambiar la presentación actual al menos a la mitad de cada tipo de hilo sin afectar el costo

del mismo. Justificado por la alta cantidad de hilo que se compra por temporada y por colores.

2.5.2.7. Evaluación de la propuesta

Para la evaluación de la propuesta de distribución de hilo en las máquinas de costura, se muestra la siguiente tabla, que describe la operación, el tipo de máquina, el consumo de hilo Tex 40 por yarda en cada operación; también, el consumo de hilo Tex 18 por yarda en cada operación al final se muestra el total de yardas óptima en la línea de producción y el costo de hilo en la línea de producción.

2.5.2.8. Análisis de costos de la propuesta

Para el análisis de costos de la propuesta se presenta la siguiente tabla que muestra los costos de hilo de la distribución de hilo actual vs. óptimo, en la línea “J” para finalizar se muestra el ahorro de hilo con la propuesta planteada.

Tabla XLII. **Análisis de los costos del hilo de la distribución de hilo actual vs. óptimo, línea capuchón**

	Tex 40 US\$/línea	Tex 18 US\$/línea
Modelo actual	75,39	33,00
Modelo óptimo	7,87	2,40
% Ahorro	90 %	93 %

Fuente: elaboración propia.

Con la optimización de hilo a 940 yardas de Tex 40 y 1 790 yardas del hilo Tex 18 se logra obtener un ahorro económico de 90 % y 93 % respectivamente.

Tabla XLIII. **Análisis de costos de hilo de la distribución de hilo actual vs. óptimo, línea “J”**

	Tex 40 US\$/línea	Tex 18 US\$/línea
Modelo actual	229,76	44,00
Modelo óptimo	7,25	2,53
% Ahorro	97 %	94 %

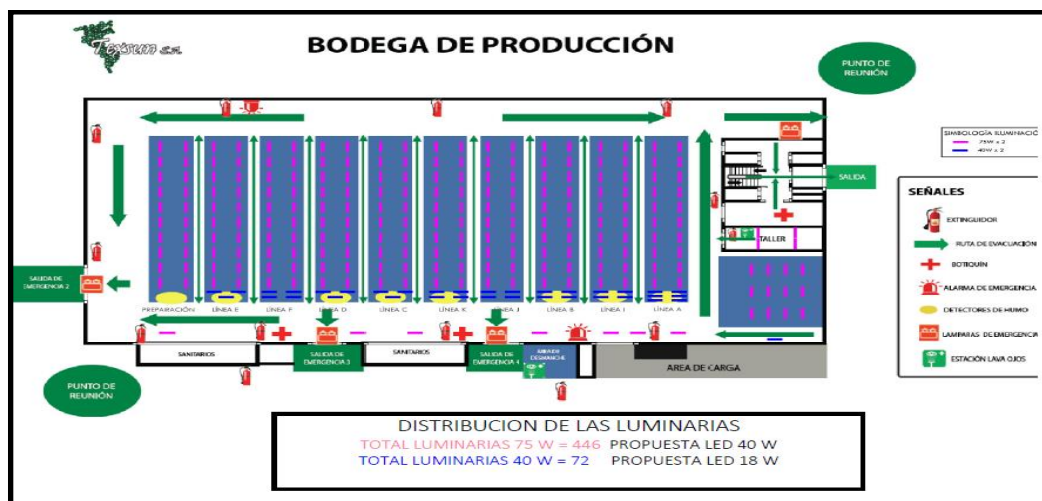
Fuente: elaboración propia.

Con la optimización de hilo a 466 yardas de Tex 40 y 1,382 yardas del hilo Tex 18 se logra obtener un ahorro económico de 97 % y 94 %, respectivamente.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN: CREACIÓN DE UN PLAN DE AHORRO ENERGÉTICO APLICADO A UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

La luz es un componente esencial en cualquier medio ambiente ya que hace posible la visión del entorno; además, al interactuar con los objetos y el sistema visual de los usuarios, puede modificar la apariencia del espacio, influir sobre su estética, la ambientación, afectar el rendimiento visual, el estado de ánimo y la motivación de las personas. La fase de esta investigación está realizada en la planta de producción. La siguiente figura ilustra la distribución de las luminarias dentro de la planta de producción, la cual cuenta con 13 líneas de producción.

Figura 32. Distribución de luminarias en la planta de producción Texusun, S.A.



Fuente: elaboración propia.

3.1. Análisis del consumo actual de energía eléctrica en la planta de producción

En la fase de investigación para la creación de un plan de ahorro energético aplicado a una producción más limpia, es importante analizar el consumo actual de energía eléctrica en la planta de producción; por lo mismo se muestra la situación actual de las luminarias; seguidamente, el cálculo del número de luminarias requeridas y los gráficos de consumo actuales de la empresa Texsun S.A.

3.1.1. Descripción de la situación actual de la luminaria

Texsun está en planes de expansión y desean habilitar una nueva planta de producción. La bodega de materiales fue trasladada a una planta vacía y el gerente de planta decidió utilizar luz led para la iluminación de la nueva bodega.

Como consecuencia, la reducción en el consumo de energía para esa bodega significó un 50 % al consumo anterior con luminarias fluorescentes. Es por ello que se solicitó un análisis de consumo de energía con la luminaria led previo a realizar el cambio dentro la planta de producción, la cual tiene el mayor consumo de energía de toda la fábrica.

Actualmente, la empresa utiliza iluminación artificial proporcionada por una fuente de energía eléctrica. El tipo de luminarias utilizadas en la planta de producción son de tipo fluorescentes. Son 446 luminarias de 75 watts cada una y 72 luminarias de 40 watts cada una.

Por medio de una revisión visual se realizó el conteo de las luminarias y el resultado se ve en la siguiente tabla.

Tabla XLIV. **Cantidad de luminarias en el área de producción de la fábrica Texsun, S.A**

ÁREAS ILUMINADAS	LUMINARIAS 75 W	LUMINARIAS 40 W
LÍNEAS	396	70
LÍNEA DE PREPARACIÓN II	26	2
ÁREA DE MANTENIMIENTO	8	0
CORREDOR	16	0
TOTAL	446	72

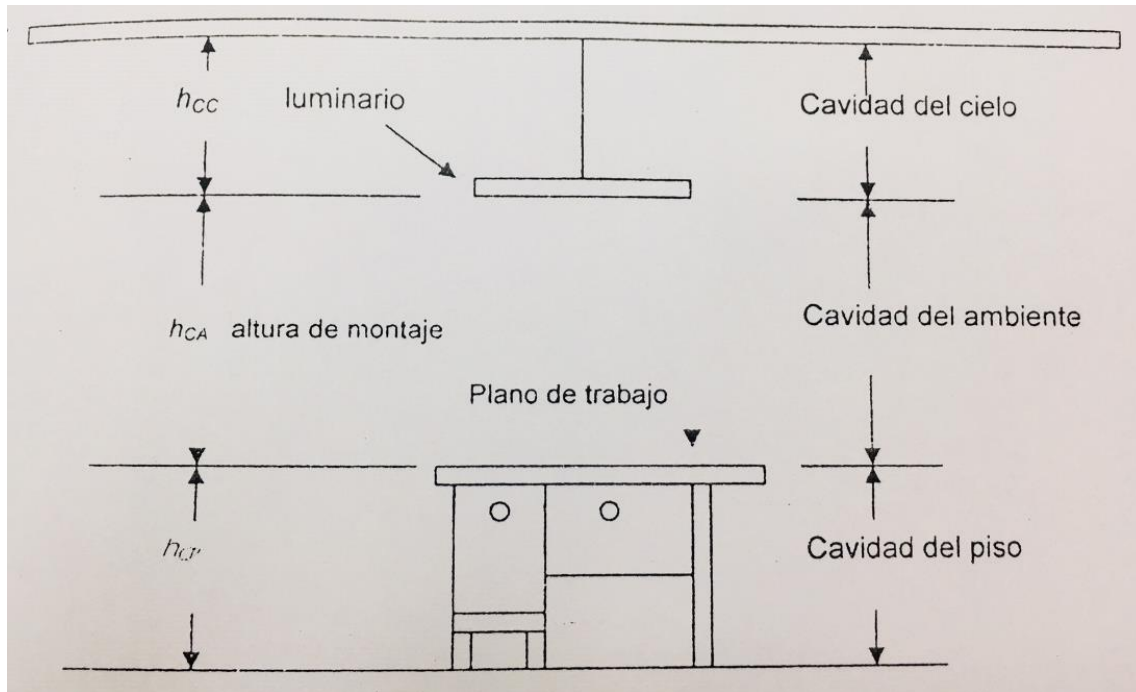
Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Cálculo del número de luminarias requeridas

Para calcular un nivel lumínico adecuado, este deberá ser con base en el tipo de trabajo que se realiza y la dificultad con que se realiza. Se utilizó el método de cavidad zonal el cual ayudará a encontrar la cantidad adecuada de luminarias en la línea de producción “J”. El método de cavidad zonal está basado sobre la teoría de que la iluminación media es igual al flujo que incide sobre el plano de trabajo, dividido por el área sobre la cual se distribuye.

Este método considera el ambiente del lugar por tres cavidades o espacios zonales: cavidad del cielo o techo, cavidad del ambiente y cavidad del piso; con las dimensiones del ambiente y las alturas de las cavidades zonales, se pueden determinar relaciones para encontrar las respectivas reflectancias.

Figura 33. **Clasificación de ambientes del método de cavidad zonal**



Fuente: GONZÁLEZ, Francisco. *Folleto iluminación*. p. 80.

En la siguiente tabla se indica los niveles de iluminación adecuado para el área de producción:

Tabla XLV. **Niveles de iluminación (lux)**

Norma	E
Tareas de muy difícil visión: Trabajos de mucha precisión	10 000 a 20 000
Tareas de difícil visión: Trabajos de precisión	5 000 a 10 000
Tareas de más fácil visión: Trabajos prolongados	1,000 a 5 000
Tareas de visión ordinaria: Operación de máquinas automáticas, que requieren solo visión intermitente.	500 a 1 000

Continuación de la tabla XLV.

Tareas de visión ocasional: Lavanderías, depósitos, recepción, bodegas de materiales pequeños, entre otros.	200 a 300
Tareas de visión general: Corredores, bodegas de materiales gruesos, escaleras, entre otros.	100 a 200

Fuente: FINK, Donald. *Manual de ingeniería eléctrica*. p. 58.

Con base en la tabla anterior, se concluye que el tipo de trabajo que realizan los operarios en la planta de producción de Texusun es de tipo tareas de difícil visión, teniendo los niveles lumínicos de 5 000 a 10 000 luxes. Se utilizó el método de los factores de peso para la determinación del nivel de iluminación, para ello se necesitó la siguiente tabla:

Tabla XLVI. **Factores de peso de nivel de iluminación**

Factor	-1	0	-1
Edad de las personas que realizan la operación	Menos de 40	40 a 55	Más de 55
Velocidad o exactitud requerida	No importa	Importa	Crítico
Reflectancia de fondo de la tarea visual	Mayor de 70 %	30 % a 70 %	Menos de 30 %

Fuente: elaboración propia.

La sumatoria de los factores es de -2.

Si la suma de los factores de peso es:

-2 ó -3
-1, 0,+1

Usar el valor inferior
Usar el valor medio

+2 ó +3

Usar el valor superior

Como la suma de los factores de peso es -2, se elige el valor inferior, correspondiendo 5 000 lux. Entonces $E = 5\ 000\ \text{lux}$.

La cantidad de lúmenes iniciales emitidos por las lámparas led se encuentran en la tabla XLVI, siendo su valor 3 800 lúmenes.

El área a evaluar dese la línea "J", con un ancho (W) de 2 m y un largo (L) de 18 m. Con esta información se calcula el área.

$$A = W \times L$$

$$A = 3\ \text{m} \times 18\ \text{m} = 54\ \text{m}^2$$

Se determinan las relaciones de cavidad ambiente de cielo, piso y ambiente.

$$RCA = \frac{5hca(L + W)}{LW}$$

$$RCC = \frac{5hcc(L + W)}{LW}$$

$$RCP = \frac{5hcp(L + W)}{LW}$$

Donde:

- RCA = relación cavidad ambiente
- RCC = relación cavidad cielo o techo

- RCP = relación cavidad piso
- hca = altura relación ambiente = 1,26 m
- hcc = altura relación cielo = 0 m
- hcp = altura relación piso = 0,76 m
- W = ancho = 3m
- L = largo = 18 m

Se sustituyen los valores en las fórmulas siguientes:

$$RCA = \frac{5(1,26)(18 + 3)}{18 \times 3} = 2,5$$

$$RCC = \frac{5(0)(18 + 3)}{18 \times 3} = 0$$

$$RCP = \frac{5(0,76)(18 + 3)}{18 \times 3} = 1,5$$

Conociendo las relaciones de cavidad y las reflectancias de paredes, techo y piso se procede a encontrar las reflectancias efectivas del techo y del piso que servirán para encontrar el coeficiente de utilización.

El área de producción de Texsun tiene los siguientes colores en el ambiente:

- Pared: blanco
- Piso: gris claro
- Techo: gris claro

Tabla XLVII. **Porcentajes de reflectancias según color**

Ubicación	Color	Porcentaje de reflectancia
Techos	Blanco	70 %
	Color claro	50 %
	Color medio	30 %
Paredes	Color claro	50 %
	Color medio	30 %
	Color oscuro	10 %
Piso	Color claro	30 %
	Color medio	20 %
	Color oscuro	10 %

Fuente: elaboración propia.

En función de los colores de las superficies, las reflectancias según la tabla anterior resultan los siguientes porcentajes:

- Pared: blanco, reflectancia 50 %
- Piso: gris claro, reflectancia 30 %
- Techo: gris obscuro, reflectancia 50 %

Tabla XLVIII. Reflectancias efectivas de cavidad del techo (Pcc) y de piso (Pcp)

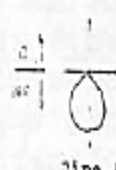
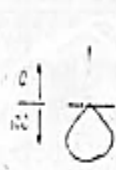

Reflectancia Piso (Pcp)	90				80				70				50				30			
	90	70	50	30	90	70	50	30	90	70	50	30	90	70	50	30	90	70	50	30
0	90	90	90	90	80	80	80	80	70	70	70	70	50	50	50	50	30	30	30	30
0.1	90	89	88	87	79	79	78	78	69	69	68	68	59	49	48	48	30	30	29	29
0.2	89	88	86	85	79	78	77	76	68	67	66	66	49	48	47	47	30	29	28	28
0.3	89	87	85	83	78	77	75	74	68	66	64	64	49	47	46	46	30	29	28	27
0.4	88	86	83	81	78	76	74	72	67	65	63	63	48	46	45	45	30	29	27	26
0.5	88	85	81	78	77	75	73	70	66	64	61	61	48	46	44	44	29	28	27	25
0.6	88	84	80	76	77	75	71	68	65	62	59	59	47	45	43	43	29	28	26	25
0.7	88	83	78	74	76	74	70	66	65	61	58	58	47	44	42	42	29	28	26	24
0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	56	47	43	41	41	29	27	25	23
0.9	87	81	76	71	75	72	68	63	63	59	55	55	46	43	40	40	29	27	25	22
1.0	86	80	74	69	74	71	66	61	63	58	53	53	46	42	39	39	29	27	24	22
1.1	86	79	73	67	74	71	65	60	62	57	52	52	46	41	38	38	29	26	24	21
1.2	86	78	72	65	73	70	64	58	61	56	50	50	45	41	37	37	29	26	23	20
1.3	85	78	70	64	73	69	63	57	61	55	49	49	45	40	36	36	29	26	23	20
1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	54	48	48	45	40	35	35	28	26	22	19
1.5	85	76	68	61	72	68	61	54	59	53	47	47	44	39	34	34	28	25	22	18
1.6	85	75	66	59	71	67	60	53	59	53	45	45	44	39	33	33	28	25	21	18
1.7	84	74	65	58	71	66	59	52	58	51	44	44	44	38	32	32	28	25	21	17
1.8	84	73	64	56	70	65	58	50	57	50	43	43	43	37	32	32	28	25	20	17
1.9	84	73	63	55	70	65	57	49	57	49	42	43	43	37	31	31	28	25	20	16
2.0	83	72	62	53	69	64	56	48	56	48	41	43	43	37	30	30	28	24	20	16
2.1	83	71	61	52	69	63	55	47	56	47	40	43	43	36	29	29	28	24	20	16
2.2	83	70	60	51	68	63	54	45	55	46	39	42	42	36	29	28	28	24	19	15
2.3	83	69	59	50	68	62	53	44	54	46	38	42	42	35	28	28	28	24	19	15
2.4	82	68	58	48	67	61	52	43	54	45	37	42	42	35	27	28	28	24	19	14
2.5	82	68	57	47	67	61	51	42	53	44	36	41	41	34	27	27	27	23	18	14
2.6	82	67	56	46	66	60	50	41	53	43	35	41	41	34	26	27	27	23	18	13
2.7	82	66	55	45	66	60	49	40	52	43	34	41	41	33	26	27	27	23	18	13
2.8	81	66	54	44	66	59	48	39	52	42	33	41	41	33	25	27	27	23	18	13
2.9	81	65	53	43	65	58	48	38	51	41	32	40	40	32	25	27	27	23	17	12
3.0	81	64	52	42	65	58	47	38	51	40	32	40	40	32	24	27	27	22	17	12
3.1	80	64	51	41	64	57	46	37	50	40	31	40	40	32	24	27	27	22	17	12
3.2	80	63	50	40	64	57	45	36	50	39	30	40	40	31	23	27	27	22	16	11
3.3	80	62	49	39	64	56	44	35	49	39	30	39	40	31	23	27	27	22	16	11
3.4	80	62	48	38	63	56	44	34	49	38	29	39	40	31	22	27	27	22	16	11
3.5	79	61	48	37	63	55	43	33	48	38	29	39	40	30	22	26	27	22	16	11
3.6	79	60	47	36	62	54	42	33	48	37	28	39	40	30	21	26	27	21	15	10
3.7	79	60	46	35	62	54	42	32	48	37	27	38	40	30	21	26	27	21	15	10
3.8	79	59	45	35	62	53	41	31	47	36	27	38	40	29	21	26	27	21	15	10
3.9	78	59	45	34	61	53	40	30	47	36	26	38	40	29	20	26	27	21	15	9
4.0	78	58	44	33	61	52	40	30	46	35	26	38	40	29	20	26	27	21	15	9
4.1	78	57	43	32	60	52	39	29	46	35	25	37	40	28	20	26	27	21	14	9
4.2	78	57	43	32	60	51	39	29	46	34	25	37	40	28	19	26	27	20	14	9
4.3	78	56	42	31	60	51	38	28	45	34	25	37	40	28	19	26	27	20	14	9
4.4	77	56	41	30	59	51	38	28	45	34	24	37	40	27	19	26	27	20	14	8
4.5	77	55	41	30	59	50	37	27	45	33	24	37	40	27	19	25	27	20	14	8
4.6	77	55	40	29	59	50	37	26	44	33	24	36	40	27	18	25	27	20	14	8
4.7	77	54	40	29	58	49	36	26	44	33	23	36	40	26	18	25	27	20	13	8
4.8	76	54	39	28	58	49	36	25	44	32	23	36	40	26	18	25	27	20	13	8
4.9	76	53	38	28	58	49	35	25	44	32	23	36	40	26	18	25	27	20	13	7
5.0	76	53	38	27	57	48	35	25	43	32	22	36	40	26	17	25	27	20	13	7

Fuente: FINK, Donald. *Manual de ingeniería eléctrica*. p. 66.

Con base en la tabla XLVIII se encuentra pcc y pcp. Para las reflectancias del techo al 50 % y de la pared al 50 % con un RCC de 0, el pcc es de 50 %. Para las reflectancias del piso al 30 % y de la pared al 50 % con un RCP de 1,5, el pcp es de 25 %.

Con base en los valores encontrados se busca en la siguiente tabla el coeficiente de utilización.

Tabla XLIX. Coeficiente de utilización

Distribución típica	P _{cc}	80				70				50			30			10		
		70		50		30		10		50		30	10	50		30	10	
	P _p	Coeficientes de utilización, método cavidad zonal, p _{cc} = 20																
 Tipo A	1	.56	.84	.82	.79	.84	.81	.79	.77	.77	.75	.74	.73	.72	.71	.70	.69	.68
	2	.81	.77	.73	.70	.79	.75	.71	.69	.71	.69	.66	.68	.66	.64	.65	.63	.62
	3	.76	.70	.66	.62	.74	.69	.65	.61	.66	.63	.60	.63	.61	.58	.61	.59	.57
	4	.71	.64	.59	.56	.69	.63	.59	.55	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.56	.54	.51
	5	.67	.59	.54	.50	.65	.58	.53	.49	.56	.52	.49	.54	.50	.48	.52	.49	.47
	6	.63	.55	.50	.45	.61	.54	.49	.45	.53	.47	.44	.50	.46	.44	.49	.45	.43
	7	.59	.50	.45	.41	.57	.49	.44	.41	.48	.43	.40	.46	.42	.39	.45	.41	.39
	8	.55	.46	.41	.37	.54	.45	.40	.37	.44	.40	.36	.43	.39	.36	.41	.38	.35
	9	.51	.43	.37	.34	.50	.42	.37	.33	.41	.36	.33	.40	.35	.33	.38	.35	.32
	10	.47	.38	.32	.29	.46	.37	.32	.29	.36	.31	.28	.35	.31	.28	.34	.30	.27
 Tipo B	1	.73	.70	.68	.66	.71	.68	.67	.65	.66	.64	.63	.63	.62	.61	.61	.60	.59
	2	.67	.63	.59	.56	.66	.62	.58	.56	.59	.57	.54	.57	.55	.53	.55	.54	.52
	3	.62	.57	.52	.49	.61	.56	.52	.48	.54	.50	.47	.52	.49	.47	.51	.48	.46
	4	.58	.51	.46	.43	.57	.50	.46	.42	.49	.45	.42	.47	.44	.41	.46	.44	.41
	5	.53	.46	.41	.37	.52	.45	.40	.37	.44	.40	.36	.43	.39	.36	.41	.38	.36
	6	.50	.42	.36	.33	.48	.41	.36	.32	.40	.35	.32	.39	.35	.32	.38	.34	.32
	7	.46	.38	.32	.29	.45	.37	.32	.29	.36	.32	.28	.35	.31	.28	.34	.31	.28
	8	.42	.34	.29	.25	.41	.33	.28	.25	.32	.28	.25	.32	.28	.25	.31	.27	.24
	9	.39	.31	.25	.22	.38	.30	.25	.22	.29	.25	.22	.29	.26	.23	.28	.24	.21
	10	.36	.28	.23	.19	.36	.27	.23	.19	.27	.22	.19	.26	.22	.19	.25	.22	.19
 Tipo C	1	.98	.95	.95					.92	.91	.90				.87	.86	.85	
	2	.94	.91	.89					.89	.87	.86				.85	.84	.83	
	3	.90	.87	.85					.87	.85	.83				.83	.82	.80	
	4	.87	.83	.81					.84	.81	.80				.81	.79	.78	
	5	.83	.80	.77					.81	.78	.76				.79	.77	.75	
	6	.81	.77	.75					.79	.76	.74				.77	.75	.73	
	7	.78	.74	.72					.76	.73	.71				.74	.72	.70	
	8	.75	.72	.69					.74	.71	.69				.72	.70	.68	
	9	.73	.69	.67					.72	.68	.66				.70	.68	.66	
	10	.70	.67	.64					.69	.66	.64				.68	.66	.64	

Fuente: FINK, Donald. *Manual de ingeniería eléctrica*. p. 68.

- RCA: 2,5
- pcc es de 50%
- pcp es de 25%

RCA	K
2	0,66
2,5	X
3	0,61

Se interpola:

$$\frac{2-3}{0,66-0,61} = \frac{2,5-3}{K-0,61}$$

$$K = 0,635$$

Se encuentra el área a cubrir por lámpara (AL)

$$D = \frac{\text{Área (\#luxes requerido)}}{K \times \text{lumenes por lámpara} \times \text{factor de mantenimiento}}$$

$$D = \frac{54 (5\ 000)}{0,635 \times 3\ 800 \times 0,8} = 140$$

$$D = 140$$

$$AL = \frac{A}{D}$$

$$AL = \frac{54\ m^2}{140} = 0,386\ m^2$$

$$\text{Espaciamiento por lámpara } E = \sqrt{AL} = \sqrt{0,386\ m^2} = 0,6213\ m$$

El número de lámparas a lo largo y a lo ancho del lugar se calcula así:

$$\# \text{Lámparas a lo ancho} = \frac{W}{E} = \frac{3}{0,6213} = 4,82 \approx 4$$

$$\# \text{Lámparas a lo largo} = \frac{L}{E} = \frac{18}{0,6213} = 28,97 \approx 28$$

El método de cavidad zonal indica que se necesitan 4 lámparas para distribuir a lo ancho de cada máquina y 28 lámparas a lo largo de la línea J.

Con la información y distribución actual de las luminarias tipo fluorescente se realizará el análisis de ahorro en el consumo y el costo de energía eléctrica. Cabe mencionar que el valor del costo en la energía que brinda la empresa proveedora es de 1,3845 Kw/h Q.

Tabla L. **Consumo energía y costo en luminarias fluorescentes**

Cantidad Actual	WATTS	Consumo				Costo Kw/H Q.		
		TOTAL (W)	WATTS al día	WATTS al mes	Kw/H Al Mes	Kw/H Q.	Total al mes	Total al mes
446	75	33 450	267 600	6 422 400	6 422,4	1,3845	8 891,81	97 809,94
72	40	2 880	23 040	552 960	552,96	1,3845	765,57	8 421,30
					6 975,36		Q. 9 657,39	Q. 106 231,25

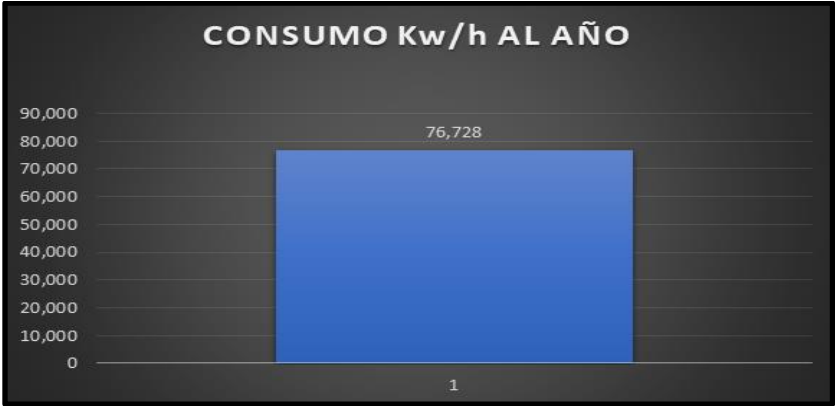
Fuente: elaboración propia.

El consumo de energía al mes en el área de producción es de 6 975,36 KW. En un horario de 8 horas laborales de lunes a viernes y 4 horas el día sábado. El costo de energía al año actual es de Q. 106 231,25.

3.1.3. Gráficos de consumo

El consumo al año de energía actualmente es del 76 728 Kw/h. En la siguiente figura se muestra la gráfica de energía en la planta de producción de la empresa Texusun, S. A.

Figura 34. **Gráfico del consumo de energía en la planta de producción**




Fuente: elaboración propia.

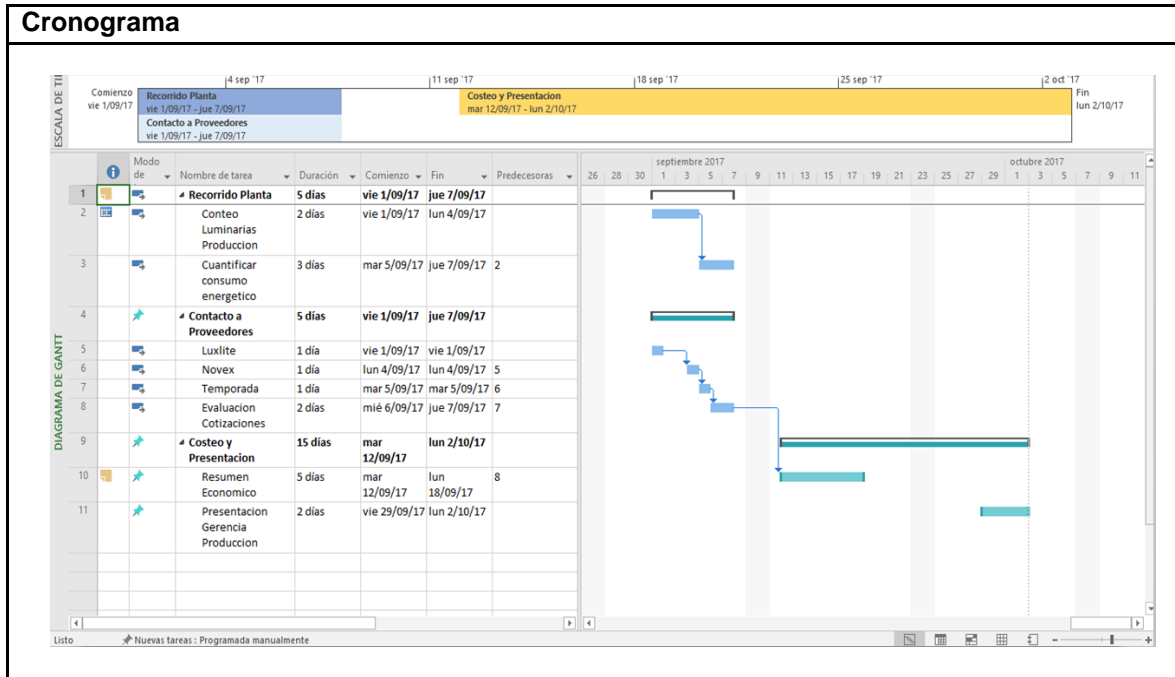
3.2. **Propuesta del plan de ahorro energético**

La propuesta consiste en utilizar luminarias de tipo led. Con las bombillas de bajo consumo led se puede reducir el costo de energía eléctrica entre un 40 % y un 90 %, según el tipo de bombillas que se esté sustituyendo. Si se sustituyen las bombillas de bajo consumo (que no dejan de ser fluorescentes en pequeño, con un contenido de gases tóxicos) por las de tipo led se puede reducir un 35 % a 40 % del recibo de la luz. Si lo que se sustituye son incandescentes o halógenas, el ahorro puede estar entre el 75 % a 90 % del recibo de luz. Se realizó un plan de ahorro de las actividades para llevar a cabo el cambio de las luminarias en la planta Texsun.

Tabla LI. **Plan de cambio**

	TEXSUN, S.A.	De fecha: Noviembre 2017
	Plan cambio de luminarias fluorescentes a led	Elaborado por: Lissa Ponciano
Objetivo general		
Creación de un plan de ahorro energético aplicado a una producción más limpia.		
Objetivos específicos		
<ul style="list-style-type: none"> • Análisis sobre el consumo actual de energía eléctrica. • Reducción en el consumo energético por medio de luminarias led. • Reducción en las compras no planificadas de luminarias en planta de producción. • Aprovechamiento de la luz natural. 		
Recursos		
<ul style="list-style-type: none"> • Información técnica proporcionada por proveedores de luminarias. • Cotización del costo de luminarias e instalación de las luminarias led. • Costo actual del valor por Kw-hora 		
Plan		
<ul style="list-style-type: none"> • Conocer la cantidad total de luminarias en las líneas de producción. • Proponer la cantidad de lámparas ideal de acuerdo al método de Cavidad Zonal. • Conocer el consumo en Watts que tiene cada luminaria actual y la propuesta. • Conocer la cantidad de horas que permanecen encendidas en el día. • Determinar el consumo eléctrico (KW-h) actual y propuesto. • Realizar un análisis de costos que incluya el costo de instalación, costo por luminaria propuesta, costo de consumo al año actual y propuesto. 		
Alcance		
<ul style="list-style-type: none"> • Departamento de compras. • Departamento de mantenimiento. • Gerencia de producción. • Personal operativo del área de producción. 		
Metodología		
<ul style="list-style-type: none"> • Recorrido por la planta para el conteo de luminarias. • Medir ancho, largo y altura de las cavidades de piso, techo y ambiente en la línea de producción. • Identificar y cuantificar el consumo de energía eléctrica de las luminarias actuales. • Contactar a posibles proveedores de luminarias y realizar recorridos por la planta para su asesoramiento en cuanto a la instalación. • Evaluación de las cotizaciones. • Costeo de la propuesta versus actual. • Presentación de resultados a gerencia de producción. 		

Continuación de la tabla LI.



Fuente: elaboración propia.

- LED 40 watts: sustituye a las luces fluorescentes de 75 watts

Figura 35. **Ficha técnica de la luminaria led 40**



Fuente: Texus, S. A. *Manual de inducción Texus, S. A.* p. 39.

Tabla LII. **Características generales y especiales de la ficha técnica**

Características Generales			
Tubo de aluminio T8 LED de alto rendimiento y calidad para todo tipo de lámpara con base G5, cuenta con una cubierta acrílica nevada especialmente diseñada para reflejar la iluminación de forma uniforme.			
Características Especiales			
Rango de Voltaje (entrada)	AC85-265V	Rango de Hertz	60 Hz
Temperatura de Trabajo	-10°C 40°C	Humedad de Trabajo	5%-95%
Marca de CHIP	EPSTAR	Cantidad y Tipo de CHIP	168 Led's SMD
Grados de Protección IP	IP20	Índice de Reprod. Cromática	80 CRI
Lúmenes Totales Emitidos	3800 lm	Rendimiento Lumínico	95 lm/w
Potencia Nominal (watts)	40w	Ángulos de Iluminación	180
Factor de Potencia	0.95	Grados Kelvin	6000-6500K
Color de Luz	Luz blanca	Marca de Balastro	LUXLITE
Potencia Nominal (Amp)	0.36	Rango de Tolerancia	+5.0%
Material de luminaria	Aluminio	Material del colector	PVC
Tipo de base	FA8	Aplicación 1	Bodegas
Aplicación 2	Fábricas	Aplicación 3	Plantas de producción
Horas vida estimado	36000 Hrs	Dimensiones de luminaria	2400mm
Unidades por Caja	--	Difusor	Nevado
Tipo de aplicación	Techo		

Fuente: Textsun, S. A. *Manual de inducción Textsun, S. A.* p. 39.

- Led 18 watts: sustituye a las luces fluorescentes de 40 watts

Figura 36. **Ficha técnica de la luminaria led 18**



Fuente: Textsun, S. A. *Manual de inducción Textsun, S. A.* p. 39.

Tabla LIII. **Características generales y especiales de la luminaria led 18**

Características Generales			
Tubo de plástico T8 LED de alto rendimiento y calidad para todo tipo de lampara con base G5, cuenta con una cubierta plástica nevada especialmente diseñada para reflejar la iluminación de forma uniforme.			
Características Especiales			
Rango de Voltaje (entrada)	AC85-265V	Rango de Hertz	50/60 Hz
Temperatura de Trabajo	10°C-40°C	Humedad de Trabajo	5%-95%
Marca de CHIP	Epistar	Cantidad y Tipo de CHIP	84 Led's SMD2835
Grados de Protección IP	IP60	Índice de Reprod. Cromática	79.50 CRI
Lúmenes Totales Emitidos	1710.00 Lm	Rendimiento Lumínico	95.00 L/W
Potencia Nominal (watts)	18W	Ángulos de Iluminación	160°
Factor de Potencia	0.950	Grados Kelvin	6400K
Color de Luz	Luz Blanca	Marca de Balastro	LUXLITE

Fuente: Texsun, S. A. *Manual de inducción Texsun, S. A.* p. 39.

3.2.1. Costo al año de consumo eléctrico

El costo del consumo eléctrico al año en la planta de producción en la empresa Texsun, S.A. con la propuesta de luminarias led es de Q 55 954,89. En la siguiente tabla se muestra el cálculo del costo total al año.

Tabla LIV. **Consumo energía y costo en luminarias tipo led**

Cantidad actual	Watts	Consumo				Costo Kw/h Q.		
		Total (W)	Watts al día	Watts al mes	Kw/h al mes	Kw/h Q.	Total al mes	Total al mes
446	40	17 840	142 720	3 425 820	3,425,28	1,3845	4 742,30	52 165,30
72	18	1 296	10 368	248 832	248,832	1,3845	344,51	3 789,58
					3 674,11		Q. 5 086,81	Q. 55 954,89

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Energía consumida en el año con luminaria actual

La cantidad de luminarias fluorescentes de 75 watts es de 446, esto equivale a 33 450 watts. Este consumo equivalente a un día de trabajo es de 267 600 watts y en un mes son 6 422,4 kilowatts.

Haciendo el mismo ejercicio para las 72 luminarias de 40 watts equivale a 552,96 kilowatts al mes. Sumando el consumo de ambos tipos de luminarias resulta:

$$6\,422,4 + 552,96 = 6\,975,36 \text{ Kilo – Watts /mes}$$

Al año se obtiene: $6\,975,36 * 11$ meses: 76 728,96 Kilo – Watts

Se consideran 11 meses por los feriados de: semana santa, navidad y fin de año entre otros. Equivalen a 4 semanas que tiene un mes.

3.2.3. Energía consumida en el año con luminaria led

La cantidad de luminarias led de 740 watts es de 446, esto equivale a 17 840 watts. Este consumo equivalente a un día de trabajo es de 142 720 watts y en un mes son 3 425,28 kilowatts. Haciendo el mismo ejercicio para las 72 luminarias de 18 watts equivale a 248.83 Kilo-Watts al mes. Sumando el consumo ambos tipos de luminarias resulta:

$$3,425.28 + 248.83 = 3,674.11 \text{ Kilo – watts /mes}$$

Al año se obtiene: $3\,674,11 * 11$ meses: 40 415,23 kilowatts.

3.3. Evaluación de la propuesta

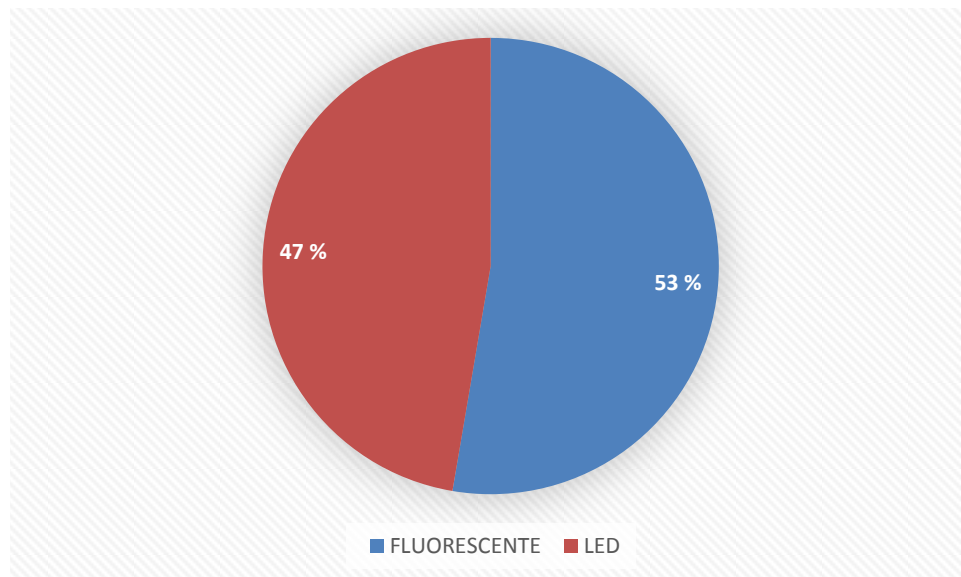
Comparando ambos resultados: actual 76 728,96 kilowatts. Propuesta 40 415,23 kilowatts Es evidente que las luminarias led representan un ahorro significativo del 53 %.

Tabla LV. **Ahorro significativo**

Consumo Kw/h al mes	Consumo Kw/h al mes
76 729	40 415
Ahorro	53 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 37. **Ahorro sobre consumo actual**



Fuente: elaboración propia.

3.4. Costo de la propuesta

En la siguiente tabla se muestra la síntesis económica de la propuesta para la creación de un plan de ahorro energético aplicado a una producción más limpia:

Tabla LVI. **Resumen económico de la propuesta**

Resumen propuesta led				
		Cantidad	Costo / unidad	Total
Costos fijos	Led 40	446	Q 234,01	Q104 368,46
	Led 18	72	Q 40,00	Q2 880,00
	Instalación			Q24 511,00
Costos indirectos	Investigador del proyecto			Q. 0,00
	Asesor del proyecto			Q. 0,00
Costo total de inversión				Q131,759,46
Información general				
		Cantidad	Fluorescente	Led
Tipos de luminaria		446	75 watts	40 watts
		72	40 watts	18 watts
Costo energía al año			Q106 231,25	Q55 954,89
Vida útil en horas			8 000	18 000
Inversión				Q131 759,46
Ahorro energía al año				Q50 276,36
% ahorro anual				47,32 %
Retorno inversión año				2.6

Fuente: elaboración propia.

La tabla detalla el costo del cambio de todas las luminarias más el costo de instalación. El costo total de la inversión es de Q 131 759,46. El costo de

energía al año con las luminarias actuales es de Q.106 231,25 y la propuesta es de Q. 55 954,89. El ahorro de energía al año se calcula así:

Ahorro al año: costo energía al año actual - costo energía al año propuesta

$$Q. 106 231,25 - Q. 55 954,89 = Q. 50 276,36$$

El retorno de la inversión se calcula de la siguiente forma:

Retorno: costo total de la inversión / ahorro de energía al año

$$Q. 131 759,46 / Q. 50 276,36 = 2,6 \text{ años}$$

Con el estudio se determina que es factible el cambio de luminarias en la planta de producción de la empresa Texsun, S.A. El retorno de la inversión se obtendrá en 2,6 años. Ahorrando anualmente un 47,32 % en el consumo eléctrico.

Con el cambio a luminarias led se colabora con el medio ambiente ya que los led están fabricados con materiales no tóxicos a diferencia de las lámparas fluorescentes con el mercurio que contienen y que plantean un peligro de contaminación. Los led pueden ser totalmente reciclados. El tiempo de vida útil de una luz led es de 18 000 horas versus una fluorescente de 8 000 horas.

Figura 38. **Vista de la planta y las luminarias**



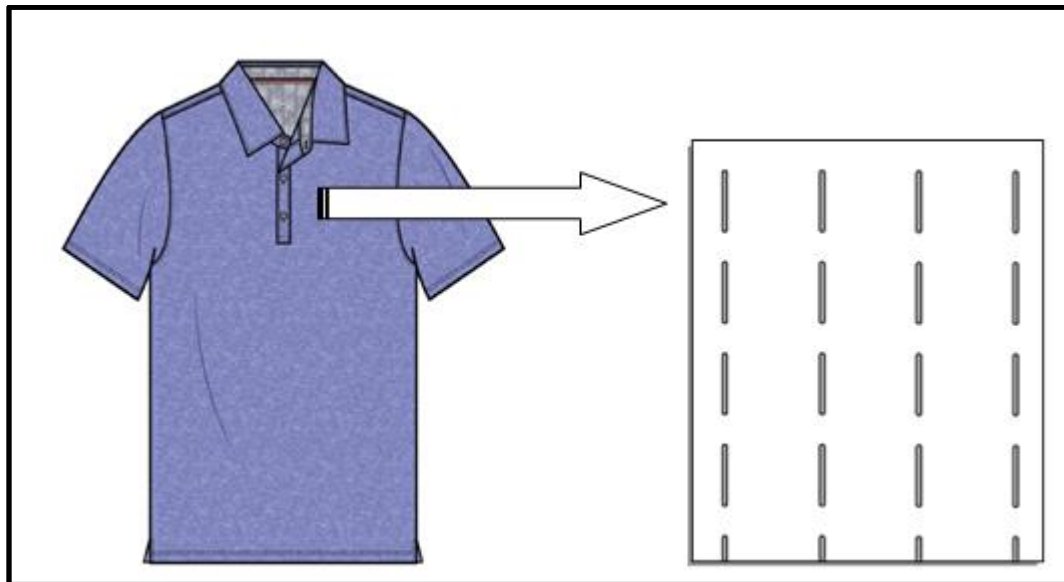
Fuente: elaboración propia.

4. FASE DE DOCENCIA, ELABORACIÓN DE UN PLAN DE CAPACITACIONES DE ACUERDO A LAS NECESIDADES QUE SE ENCUENTREN EN LA EMPRESA

4.1. Diagnóstico de la situación actual

Las prendas de vestir llamadas camisas tipo polo, llevan una entretela en la parte interior del *placket* que funciona como refuerzo de los ojales y botones de la camisa. La imagen muestra el lugar en donde se coloca la entretela y su proceso de costura hasta el producto final.

Figura 39. Función de la entretela en las playeras polo



Fuente: elaboración propia.

Figura 40. **Producto final**



Fuente: elaboración propia.

Un problema recurrente en la empresa, por parte del departamento de calidad, es que la entretela no se fusiona a la tela que ocasiona problemas en la línea de costura. La entretela es un material hecho a base de fibras de poliéster con puntos de adhesivo. Para fusionar o pegar la entretela a la tela se necesita de una máquina especial llamada máquina de fusión continua que por medio de calor, tiempo y presión se derrite el adhesivo penetrando en los hilos de la tela. Texsun, S.A. cuenta con tres máquinas de fusión y personas a cargo del área de fusión.

Figura 41. Área de fusión en la empresa Texsun, S.A.



Fuente: elaboración propia.

Texsun, S.A. cuenta con un plan de capacitación anual para todo el personal; la última fase del EPS pretende elaborar un plan de capacitación sobre el uso y aplicación de la entretela. Por medio de un diagnóstico de Pareto se enumerarán los problemas recurrentes relacionados a la entretela. Estos fueron proporcionados por medio del departamento de ingeniería según registros de septiembre 2016.

Este departamento se encarga de revisar si los procedimientos internos se cumplen y si existen mejoras que se puedan realizar. Este departamento es pequeño (3 personas) por lo que se han enfocado en problemas mayores de todas las líneas de producción (acomodar líneas, revisar tiempos, desarrollo de nuevos métodos y movimientos del personal de línea, entre otros.) y han dejado

a cada departamento que se asegure solamente de la calidad de lo que producen.

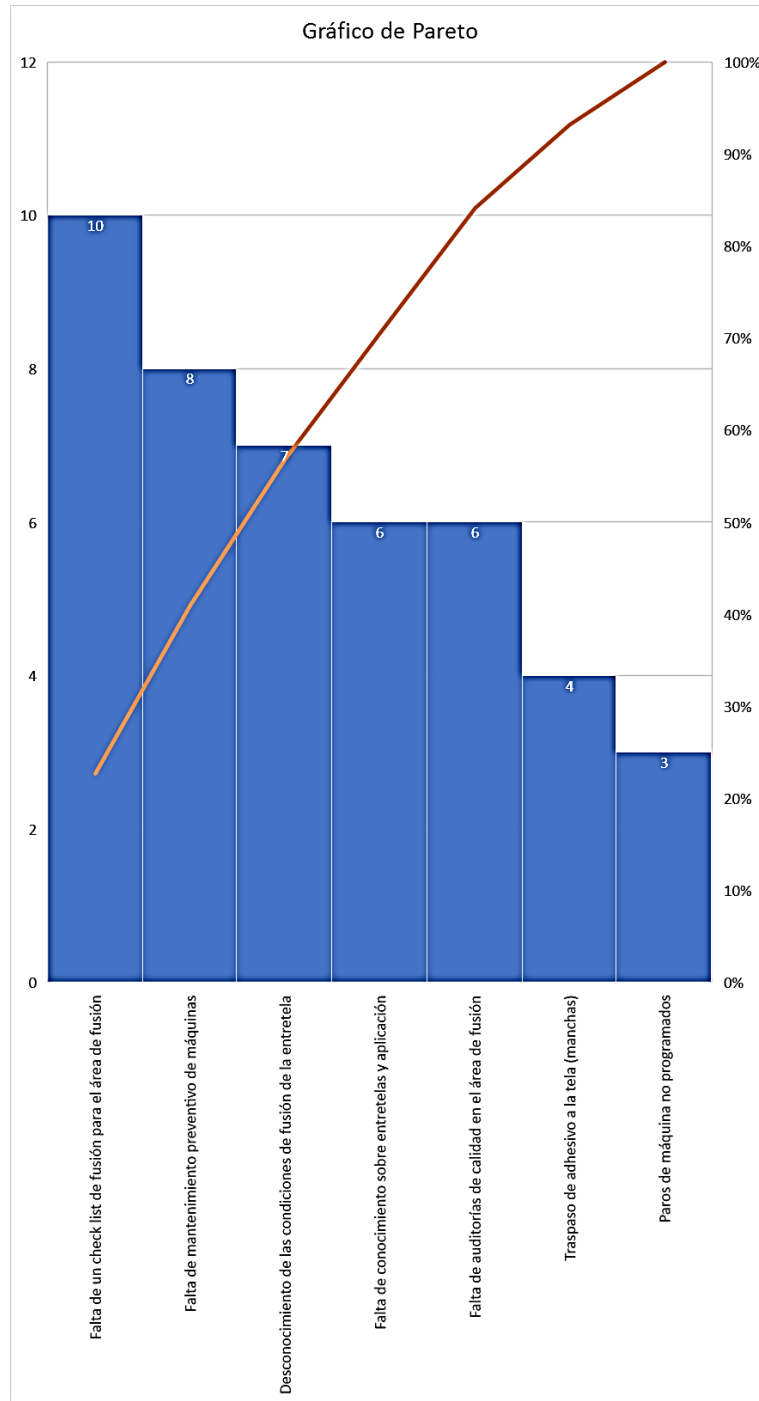
El objetivo de este diagnóstico es presentar el enfoque que debe tener la capacitación. El estudio está basado en registros de rechazos por parte de entrevistas al personal involucrado: planta (área de fusión), calidad, desarrollo y mantenimiento.

Tabla LVII. **Frecuencia de problemas**

Frecuencia de problemas			
Empresa: TEXSUN		Realizado por: Lissa Ponciano	
Problema	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Falta de un <i>check list</i> de fusión para el área de fusión	10	23 %	23 %
Falta de mantenimiento preventivo de máquinas	8	18 %	41 %
Desconocimiento de las condiciones de fusión de la entretela	7	16 %	57 %
Falta de conocimiento sobre entretelas y aplicación	6	14 %	70 %
Falta de auditorías de calidad en el área de fusión	6	14 %	84 %
Traspaso de adhesivo a la tela (manchas)	4	9 %	93 %
Paros de máquina no programados	3	7 %	100 %
Total	44		

Fuente: elaboración propia.

Figura 42. Diagrama de Pareto



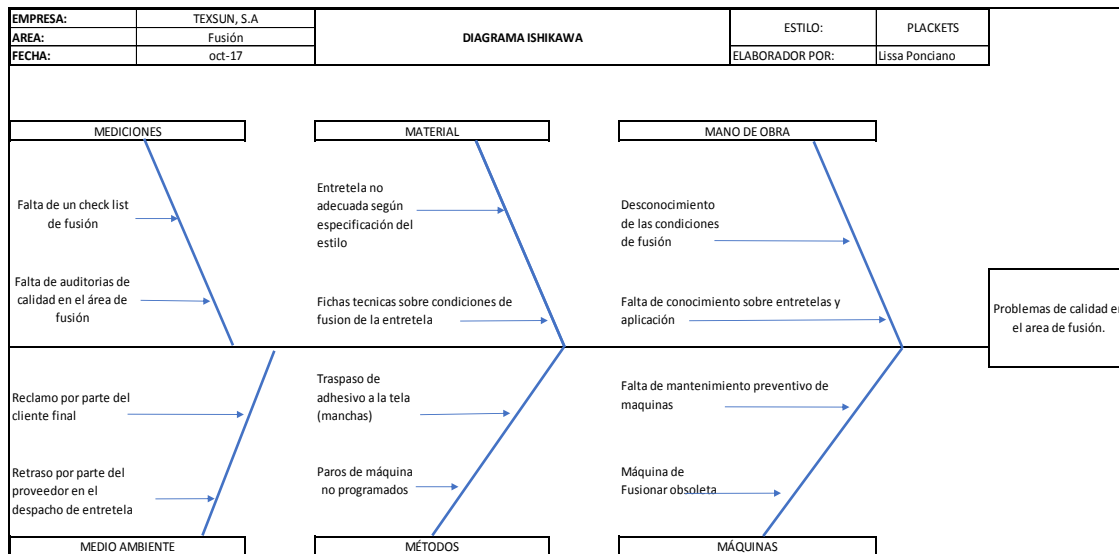
Fuente: elaboración propia.

Con este diagnóstico es evidente realizar dos tipos de capacitaciones enfocadas a:

- Importancia de auditorías de calidad en el área de fusión
- Conocimiento básico de entretelas. Condiciones de fusión y aplicación

Se utilizó un diagrama de Ishikawa para encontrar las causas y los efectos de cada uno de los problemas enfocados a los problemas de calidad recurrentes en el departamento de fusión para darle un mejor enfoque a cada capacitación.

Figura 43. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

Entre los hallazgos se pueden destacar los siguientes:

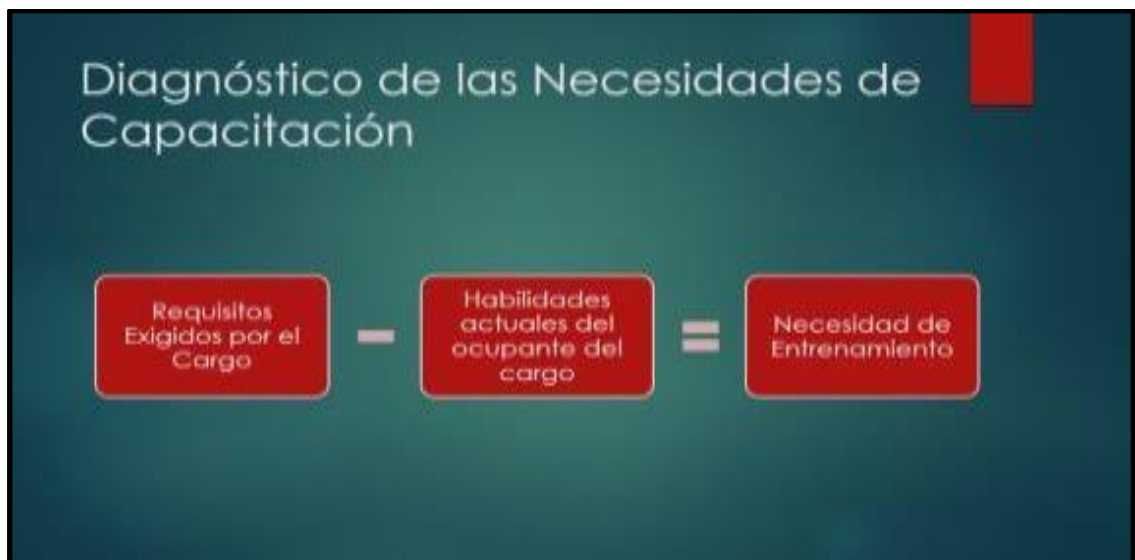
- No existe un *check list* de fusión que soporte el área de calidad

- No existen auditorías de fusión
- Falta de conocimiento básico de la entretela
- Falta de mantenimiento preventivo para las máquinas de fusión

4.2. Plan de capacitación

Para realizar una capacitación es necesario analizar las necesidades que llevan a una capacitación. Primero, se deben describir cuales son los requisitos del puesto; luego, identificar las habilidades actuales del ocupante del cargo; si el empleado no llena los requisitos del puesto es necesaria una capacitación.


Figura 44. **Gráfico de las necesidades de capacitación**



Fuente: elaboración propia.

Actualmente, en Texusun, S.A., no se cuenta con un perfil de descriptor de puestos para el personal del departamento de fusión.

Tabla LVIII. Descripción de puesto en el área de fusión

	TEXSUN, S.A.	Página: 1/1 De fecha: enero. 2017
	Descriptor de puestos departamento de recursos humanos	Sustituye A: Página: De fecha:
Descripción del puesto		
a) Identificación del pesto		
<ul style="list-style-type: none"> • Nombre del puesto: operario de máquina de fusión • Número de plazas existentes: 4 • Clave: 10xxx • Ubicación: planta de corte y producción • Tipo de contratación: indefinida • Ámbito de operación: producción. 		
B) Relaciones de autoridad		
<ul style="list-style-type: none"> • Jefe Inmediato: jefe de corte y jefe de producción • Subordinados directos: NA • Dependencia funcional: departamento de corte 		
C) Propósitos del puesto		
Fusionar la entretela que se utiliza en los <i>plackets</i> de las camisas que se confeccionan en Texsun. Revisar el producto terminado		
D) Funciones generales		
Fusionar la entretela		
E) Funciones específicas		
<ul style="list-style-type: none"> • Graduar la máquina fusionadora de acuerdo a las especificaciones de la entretela. • Revisar el producto que envía a la planta de confección. • Notificar al jefe inmediato sobre problemas con la tela, entretela y máquina de fusión. 		
F) Responsabilidad		
<ul style="list-style-type: none"> • Económico: NA • Información: maneja en forma directa un grado de confidencialidad baja. • Talento Humano: responsable de interactuar con todo el personal. • Equipo: Maneja constantemente equipos y materiales como: Máquinas fusionadoras 		
G) Actividades		
<ul style="list-style-type: none"> • Diarias: cumplir con las demandas diarias de producción. • Semanales: NA • Quincenales: NA • Mensuales: NA • Anuales/periódicas: NA 		
H) Niveles de supervisión		
A quien le reporta: jefe de corte		
Quienes le reportan: NA		

Continuación de la tabla LVIII.

I) Comunicación con otros puestos
1. Ascendente: jefe de mecánicos 2. Horizontal: pasadores de producto a las líneas de producción y corte 3. Descendente: NA 4. Externa: NA
J) Perfil y/o especificaciones del puesto
<ul style="list-style-type: none">• Conocimientos: saber leer y escribir• Nivel académico: primaria, no indispensable• Edad: mayores de 18 años• Experiencia: no requerida• Características y habilidades susceptibles a medición: seguimiento de instrucciones• Características físicas: NA• Sexo: <u>F</u> Estado civil: <u>NA</u>

Fuente: elaboración propia.

Un plan de capacitación debe constar con la planificación de entrenamientos específicos al personal de la empresa en función al puesto que desempeña.


- El descriptor de puesto para el personal del área de fusión indica que debe utilizar la máquina de fusión todo el día y conocer cómo se usa para evitar problemas de calidad por la mala fusión de la entretela.
- Es importante que auditorías de calidad sean realizadas por el personal de calidad en el área de fusión ya que no existen registros de que se realicen de forma diaria.

El plan de capacitación constará de los siguientes requisitos:

- Definición de objetivos
- Departamentos involucrados
- Elaboración del programa
- Ejecución
- Evaluación de resultados

A continuación, se muestra una tabla con la información de cada capacitación la cual será entregada al departamento de recursos humanos para su aprobación y aplicación dentro de la empresa.

Tabla LIX. **Plan de capacitación, importancia de auditorías de calidad en el área de fusión**

	TEXSUN, S.A.	De fecha: 10 marzo 2017
	Plan de capacitación 1 Importancia de auditorías de calidad en el área de fusión	Elaborado por: Lissa Ponciano
Objetivo general		
Implementar Auditorias de calidad en las máquinas de fusión		
Objetivos específicos		
<ul style="list-style-type: none"> • Promover una persona encargada del departamento de calidad en el área de fusión. • Revisión sobre las condiciones de fusión de las maquinas fusionadoras de acuerdo a especificaciones. • Limpieza de máquinas y revisión del mantenimiento de las mismas. • Uso de <i>check list</i> para el control de las auditorias 		
Recursos		
<ul style="list-style-type: none"> • Cañonera • Laptop • Presentación en power point 		

Continuación de la tabla LIX.


<p>Contenido</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Problemas de fusión recurrentes. Causas y efectos. • Condiciones de fusión de acuerdo a especificación de las entretelas. • Revisiones periódicas en el día de las condiciones de la máquina y el reporte del mismo al supervisor del área. • Registro de las actividades en el área de fusión por parte de la persona de calidad encargada.
<p>Alcance</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Departamento de fusión • Departamento de calidad
<p>Metodología</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Se utilizará material visual en power point para mejor comprensión de las personas convocadas. Ver diapositivas.

Continuación de la tabla LIX.

<ul style="list-style-type: none"> • Videos. • Entrega de un check list para las auditorías de fusión de uso práctico para llevar registros. • Preguntas / dudas.
Lugar
Salón de capacitaciones de Texsun, S.A. (30 minutos)

Fuente: elaboración propia.

Tabla LX. **Plan de capacitación, conocimiento básico de entretelas.
Condiciones de fusión y aplicación**

	TEXSUN, S.A.	De fecha: 10 marzo 2017
	Plan de capacitación 2 Conocimiento básico de entretelas condiciones de fusión y aplicación	Elaborado por: Lissa Ponciano
Objetivo general		
Conocimiento básico de las entretelas y su correcta aplicación en las prendas de vestir.		
Objetivos específicos		
<ul style="list-style-type: none"> • Diferencia entre entretelas tejidas y no tejidas. • Tipos de adhesivos y su importancia en diferentes telas. • Identificar la mejor opción de entretela para las prendas de vestir. 		
Recursos		
<ul style="list-style-type: none"> • Cañonera • Laptop • Presentación en power point • <i>Mock ups</i> (muestras cosidas) • Muestrario de entretelas por parte del proveedor actual de entretelas 		

Continuación de la tabla LX.

<p>Contenido</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Que son y para qué sirven las entretelas • Entretelas tejidas y no tejidas • Adhesivos y su importancia con las diferentes telas • Máquinas fusionadoras • Aseguramiento de la calidad • Ejemplos • Problemas comunes de una mala elección de entretela • Como escoger la mejor entretela para sus prendas
<p>Alcance</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Departamento de desarrollo • Departamento de calidad • Departamento de fusión
<p>Metodología</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Se utilizará material visual en power point para ayudar en la comprensión para las personas convocadas. Ver diapositivas.

Continuación de la tabla LX.

37 38 39 40 41 42

43 44 45 46 47 48

49 50 51 52 53 54

55 56 57 58 59 60

61 62 63 64 65 66

67 68 69 70 71 72

- Videos.
- Por medio de los *mock ups* se logrará que los participantes identifiquen las diferentes opciones de entretelas aplicados en diferentes telas y desarrollen el sentido del tacto.
- Preguntas / dudas.

Lugar
Salón de capacitaciones de Texsun, S.A. (60 minutos)

Fuente: elaboración propia.

4.3. Evaluación de la propuesta

Por medio de la capacitación 1: *Implementar auditorías de calidad en las máquinas de fusión* se logró lo siguiente:

- Promover una persona encargada del departamento de calidad en el área de fusión.
- Se promovió la revisión sobre las condiciones de fusión de las máquinas fusionadoras de acuerdo a especificaciones antes de realizar la jornada laboral y al medio día.
- Realizar la limpieza de máquinas en las mañanas y al medio día.
- Importancia y revisión del mantenimiento de las mismas.
- Uso de *check list* para el control de las auditorías. Se entregaron 3 formatos en físico al departamento de fusión (una para cada máquina) y uno al personal de RRHH para su reproducción en el futuro.
- Disminución de rechazos por entretela mal fusionada en el área de costura.

Figura 45. **Capacitación 1**



Fuente: elaboración propia.

Con la capacitación 2: *Conocimiento básico de las entretelas y su correcta aplicación en las prendas de vestir* se contó con la asistencia de todo el personal de desarrollo; lo cual es muy importante para la toma de decisiones acertadas en entretelas para futuros desarrollos. Texusun, S.A. está creciendo con la incorporación de 3 cuentas lo cual ayudará a fortalecer este departamento. Por medio de la capacitación se logró:

- Diferenciar las entretelas tejidas de las no tejidas
- Tipos de adhesivos y su importancia en diferentes telas. Este resultado está relacionado con la capacitación de *Implementar auditorías de*

calidad en las máquinas de fusión ya que se indicó la importancia de realizar pruebas de fusión con diferentes telas antes de entrar en producción ya que no todas las entretelas se fusionan al mismo tiempo, unas llevan más tiempo en máquina que otras.

- Identificar la mejor opción de entretela para las prendas de vestir.
- Los participantes agradecieron la capacitación y por medio del muestrario de entretelas podrán sugerir la entretela que se adecue a las necesidades del cliente; considerando temas de producción.

Figura 46. **Capacitación 2**



Fuente: elaboración propia.

4.4. Costo de la propuesta

El costeo se refiere al procedimiento para determinar de manera precisa los costos antes de la producción de un producto o, en este caso, un servicio de capacitación. Los costos directos son aquellos que se convierten en una parte del producto terminado o del servicio brindado y que se suponen son desembolsos suficientemente grandes o significativos para merecer que se les trate por separado con la intención de saber su costo. Está conformado por la mano de obra directa y los materiales directos. Los costos indirectos forman parte del producto terminado o servicio brindado, pero se usan en cantidades pequeñas. Cuestan tan poco que la cantidad aplicable a una sola unidad de producción no puede detallarse con exactitud. Está conformado por la mano de obra indirecta, materiales indirectos, servicios y seguros.

En este apartado se muestran los costos directos e indirectos para la propuesta; iniciando con el personal, es decir, el recurso humano; se muestran los recursos materiales y técnicos, dichos costos se muestran a través de la tabla de presupuesto preliminar.

- Costos indirectos
 - Investigador responsable de la práctica de EPS
 - Asesoría por parte de la unidad de EPS

- Costos directos
 - Capacitador de la empresa proveedora de la entretela.
 - Bibliografía relacionada con los temas de la capacitación.
 - Muestras físicas para fácil comprensión de términos.

- Una computadora y programas necesarios para la elaboración y documentación de la capacitación.
- Dos bocinas.
- Una impresora.
- Una cañonera.
- Un salón de conferencias.
- Sillas.
- Papelería y útiles en general.

Tabla LXI. **Costo total**

Tipo	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Indirectos	Investigador	1	Q 0,00	Q 0,00
	Asesor	1	Q 0,00	Q 0,00
Sub total				Q 0,00
Directos	Capacitador	1	Q. 1 500,00	Q 1 500,00
	Computadora	1	Q 0,00	Q 0,00
	Cañonera	1	Q 0,00	Q 0,00
	Bocinas	2	Q 0,00	Q 0,00
	Resma papel	1	Q 50,00	Q 50,00
	Impresión/tinta	200	Q 0,15	Q 30,00
	Bolígrafos	10	Q 2,50	Q 25,00
	Salón para capacitación	1	Q0,00	Q 0,00
	Sillas	11	Q0,00	Q 0,00
	Pizarrón	1	Q0,00	Q 0,00
	Marcadores para pizarrón	3	Q6,00	Q 18,00
	Sub total			
Resumen	Recurso humano			Q 1 500,00
	Recurso material			Q 123,00
Total				Q 1 623,00

Fuente: elaboración propia.

Para reducir los costos en las capacitaciones, es importante utilizar la experiencia de empleados especializados en sus áreas o la colaboración de los proveedores de la empresa; por ejemplo, los fabricantes o distribuidores de máquinas pueden brindar capacitación al departamento de mantenimiento sobre el uso adecuado de las máquinas o los proveedores de algún producto técnico que por sus propiedades físicas necesita un asesoramiento en su uso como la entretela, pueden brindar capacitaciones a un costo menor o gratis de ser posible. En este caso el proveedor de la entretela cobro la cantidad de Q.1 500,00

CONCLUSIONES

1. Por medio del diagrama de Ishikawa se determinaron las causas que intervienen en los retornos de hilo de las líneas de producción. La producción en Texsun, S.A. es de 1 500 sudaderos en la línea "J" la cual necesita 27 máquinas de costura y cada máquina requiere de dos a cinco conos de hilo, los cuales no están contemplados en las requisiciones de compra de hilo.
2. Con el estudio de tiempos y con la holgura propuesta de 18 % se encontró un tiempo estándar de 2,704 min en la línea de capuchón y 9,24 min en la línea "J". Con los tiempos estándar propuestos es posible aumentar la productividad de la línea de capuchón a un 56 % y a 69 % en la línea "J".
3. La cantidad óptima de hilo para colocar en cada una de las máquinas de costura de la línea "J" es de 466 yardas para el Tex 40 y 1 382 yardas para el hilo Tex 18.
4. Los resultados obtenidos, por medio de un modelo de programación lineal, sobre la cantidad de hilo a colocar en cada máquina representan un ahorro en costos del 97 % para el hilo Tex 40 y para el hilo Tex 18 un ahorro del 94 %.
5. Al implementar un cambio de luminaria led se obtendrá un ahorro de Q 50 276,36 anuales, lo que representa un ahorro de energía eléctrica del 53 % anualmente, de ser aprobada la inversión se retornará en 2,6 años.

Por medio del método de cavidad zonal se logró determinar que la cantidad de luminarias requeridas en la línea "J" es de 4 lámparas para distribuir a la ancho y 28 lámparas para distribuir a lo largo.

6. Por medio del diagnóstico de las necesidades de capacitación se entregó al departamento de RRHH el perfil del puesto para el personal que opera las máquinas de fusionar. Como resultado de la primera capacitación se promovió la revisión sobre las condiciones de fusión de las máquinas fusionadoras de acuerdo a especificaciones antes de realizar la jordana laboral y al medio día.

RECOMENDACIONES

1. Al departamento de ingeniería: para obtener una eficiencia en las líneas mayores a las actuales se debe considerar un control de tiempos frecuentes asegurando que el SAM de cada línea se actualice. Se logró evidenciar un incremento del 62 % para la línea de capuchón, un 65 % en la línea de preparación y un 3 % en la línea "J".
2. Al departamento de producción: debido a la baja rotación del personal en las líneas de producción algunos operarios tienden a acomodarse a una sola operación. Se recomienda la rotación de las operaciones de costura para evitar cualquier cambio significativo en SAM ya que el aumento de este influye en el costo final del sudadero.
3. Al departamento de producción: para reducir el desperdicio de hilo en cada línea de producción se recomienda colocar la cantidad de hilo propuesto en cada operación. Con esto se garantiza una reducción en el costo del hilo en un 97 % sin afectar la eficiencia de la línea ya que cada consumo está especificado de acuerdo a cada operación y a la presentación actual del hilo, es decir, yardas por cono.
4. El departamento de compras en conjunto con el departamento de ingeniería y costos pueden proponer al proveedor de hilo el cambio en la presentación de los conos de hilo en un 50 %. Como resultado, la merma se reducirá aún más; evita regresar hilos utilizados en las líneas de producción a la bodega y que solo logran incrementar sus niveles y

espacio de inventario. La reducción en el costo se mantendría en un 97 % debido a que el costo del material (US\$ / yarda) es el mismo.

5. El departamento de mantenimiento y sostenibilidad del ambiente, quien es el responsable de promover ambientes seguros y saludables para todos los empleados de Texsun, S. A., puede presentar este informe a la Junta Directiva de Texsun para considerar la inversión en el cambio de las luminarias tipo led en la planta de producción para el año 2019. La reducción del 50 % del consumo de energía eléctrica representa un aporte significativo para colaborar con la reducción en el impacto ambiental de su producción.

6. El departamento de RRHH puede coordinar capacitaciones con los proveedores para obtener información técnica que contribuya a la mejora de algún proceso o en el desarrollo de nuevas prendas de vestir. Esto debido a que un objetivo claro para Texsun, S.A., es ser una fábrica que manufactura sudaderos y playeras polo y una empresa innovadora que proponga nuevos productos y nuevas técnicas en sus procesos. Para lograr esto, los proveedores de materias primas y máquinas de costura juegan un rol importante para alcanzar su objetivo.

BIBLIOGRAFÍA

1. ECO, Umberto. *Cómo se hace una tesis*. España: Gedisa, 2009. 240 p.
2. FREIVALDS, Andris; NIEBEL, Benjamín. *Ingeniería industrial*. México: McGraw-Hill, 2014. 217 p.
3. GONZALEZ, Francisco. *Folleto Iluminación*. Guatemala: Edisur, 2006. 122 p.
4. HERNÁNDEZ, Roberto. *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill, 2006. 569 p.
5. LIBERMAN, Hilier. *Introducción a la investigación de operaciones*. México: McGraw-Hill, 1984. 172 p.
6. LUXLITE GUATEMALA. *Suplemento de iluminación*. Guatemala: Edisur, 2016. 147 p.
7. NARASIMHA L. Seetharama. *Planeación de la producción y control de inventarios*. México: Prentice Hall Hispanoamericana, 1996. 132 p.
8. NDER-EGG, Ezequiel. *Métodos y técnicas de investigación social*. Argentina: Río de Plata, 2003. 175 p.
9. RENDER, Barry; M., Ralph; STAIR, Jr. *Métodos cuantitativos para los negocios*. México: Pearson Prentice Hall, 2006. 128 p.


10. TAHA, Hamdy. *Investigación de operaciones*. México: Alfaomega, 2013. 255 p.
11. WILLIAM K. MAYNARD, Hodson. *Manual del ingeniero industrial*. México: McGraw-Hill. 1992. 191 p.
12. ZAPATA, Óscar. *Herramientas para elaborar tesis e investigaciones*. México: Prentice Hall, 2005. 280 p.

ANEXOS

Anexo 1. Cotización lumicentro

 <p style="text-align: center;">Eco Green Energy</p>	 <p style="text-align: center;">Calidad en iluminación</p>	<h2 style="margin: 0;">COTIZACION</h2>	
Cliente: TEXSUN, S.A. Atención: Lissa Ponciano	Guatemala, 08 noviembre 2017		
Es un gusto nos permita ser parte de su plan de trabajo, por este medio ponemos a su consideracion la siguiente oferta.			
Cantidad	Descripcion	Precio Unitario	Total
223	INSTALACION DE 2 TUBOS DE 2.4 CMS DE LARGO, DE 40W LED, EN LUMINARIAS EXISTENTES, ELIMINANDO BALASTRO Y REVISION DEL CABLEADO INTERNO	Q 97.00	Q 21,631.00
38	INSTALACION DE 2 TUBOS DE 1.20 CMS DE LARGO, DE 18W LED, EN LUMINARIAS EXISTENTES, ELIMINANDO BALASTRO Y REVISION DEL CABLEADO INTERNO	Q 80.00	Q 2,880.00
   		Total	Q 24,511.00
Veronica Pelaez Gerente Sucursal y Proyectos Pbx. 2411-4830 Cel. 5696-7892 5403-6759 Mail: veronica@lumicentro.org			
CHEQUE A NOMBRE DE: ILUMINACION CONTINENTAL, S.A. TIEMPO DE ENTREGA: INMEDIATA			
LUMICENTRO 13 Calle 6-77 Zona 9 Guatemala Ciudad. SOMOS SU MEJOR OPCION EN ILUMINACION. CALIDAD GARANTIZA.			

Continuación del anexo 1.





PROFORMA: 201PS1023443

11/08/2017

ILUMINACION CONTINENTAL, S.A.
 13 Calle 6-77 Zona 9
 Teléfono: 2411 4800 Fax: 2411 4835
 NIT: 0060881-7 Emisor: 011116 1750:52 VPELAEZ


Facturar a: 018528
TEXSUN, S.A.
 17 AVENIDA 40-76 ZONA 12
 01000 GUATEMALA
 Guatemala NIT 4089371-5
 Tels: 5104-0567, Fax:


CANTIDAD	UN	CODIGO	DESCRIPCION	PRECIO UNIT.	TOTAL
446.00	UN	LED0388**	Ø TUBO LED T8 40W 240CM 6500K AA	234.01	104,368.46
					
72.00	UN	LED0216**	Ø TUBO LED T8 18W FROST 6400K A	40.00	2,880.00
					
CIENTO SIETE MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y OCHO CON 46/100 QUETZALES				TOTAL	Q 107,248.46


Observaciones:
 EMITIR CHEQUE A NOMBRE DE ILUMINACION CONTINENTAL, S.A.

Precios Sujeto a Cambio sin Previo Aviso
 Cotización válida por 3 días
 ** Indica que no hay existencia en estos momentos

Vendedor: Verónica Peláez







www.ecoluxlite.com

Fuente: Lumicentro. Cotización. www.ecoluxlite.com. Consulta: 30 de septiembre de 2018.