



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

**MANEJO Y REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS Y DESCARTES DE PRODUCCIÓN,  
DENTRO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE SUELAS Y CALZADO**

**Rafael García Yaz**

Asesorado por el Ing. Mynor G. Sanchinelli Alburez

Guatemala, septiembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANEJO Y REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS Y DESCARTES DE PRODUCCIÓN,  
DENTRO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE SUELAS Y CALZADO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**RAFAEL GARCÍA YAZ**

ASESORADO POR EL ING. MYNOR G. SANCHINELLI ALBUREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Maria Martha Wolford de Hernández
EXAMINADORA	Inga. Priscila Yohana Sandoval Barrios
EXAMINADOR	Ing. Víctor Hugo García Roque
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **MANEJO Y REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS Y DESCARTES DE PRODUCCIÓN, DENTRO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE SUELAS Y CALZADO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 04 de octubre de 2012.

  
**Rafael García Yaz**

Guatemala, febrero 2014.

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Director de la Escuela de Mecánica Industrial,  
Facultad de Ingeniería,  
Universidad de San Carlos de Guatemala.

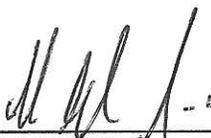
Estimado Ingeniero:

Por este medio hago constar que el estudiante: Rafael García Yaz, quien se identifica con el DPI: 1662687040110 y número de carnet: 200815491, realizó su trabajo de graduación con el cual conto con mi asesoría.

Al mismo tiempo autorizo el contenido del trabajo de graduación titulado: **MANEJO Y REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS Y DESCARTES DE PRODUCCIÓN, DENTRO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE SUELAS Y CALZADO**, manifestando la conformidad de las prácticas y los métodos de investigación.

Agradeciendo su fina y amable atención.

Atentamente:

Vo. Bo. 

*Mynor G. Sanchinelli Alburez*  
INGENIERO INDUSTRIAL  
Colegiado No. 4720

Ing. Mynor G. Sanchinelli Alburez

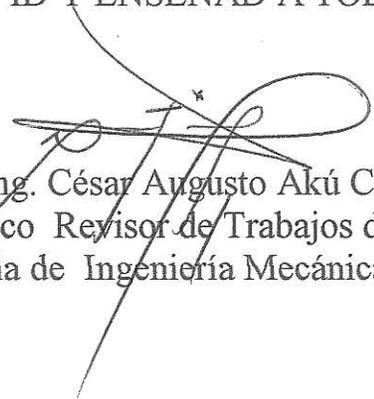
Colegiado: 4720

Asesor de Tesis



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MANEJO Y REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS Y DESCARTES DE PRODUCCIÓN, DENTRO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE SUELAS Y CALZADO**, presentado por el estudiante universitario **Rafael García Yaz**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
**César Akú Castillo MSc.**  
**INGENIERO INDUSTRIAL**  
**COLEGIADO No. 4,073**  
Ing. César Augusto Akú Castillo  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, mayo de 2014.

/mgp



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 **MANEJO Y REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS Y DESCARTES DE PRODUCCIÓN, DENTRO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE SUELAS Y CALZADO**, presentado por el estudiante universitario **Rafael García Yaz**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

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



Guatemala, septiembre de 2014.

/mgp



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: **MANEJO Y REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS Y DESCARTES DE PRODUCCIÓN DENTRO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE SUELAS Y CALZADO**, presentado por el estudiante universitario: **Rafael García Yaz** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, septiembre de 2014

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por brindar la vida a mis seres queridos día con día, permitiéndonos poder alcanzar objetivos y metas en común. Siendo Dios el dueño de mi vida y mis sueños.
- Mis padres** Bernardino García y Josefina Yaz, por darme su apoyo incondicional durante mi vida y en especial durante el ciclo universitario. Siendo ellos la fuente de guía y sabiduría para poder culminar y alcanzar los objetivos que me he propuesto.
- Mis hermanos** Luis, Vidalina, Mayra y Carmelina García, siendo ellos muy buenos compañeros de las noches de trabajo y de estudios. Con los cuales he compartido excelentes momentos a lo largo de mi vida, deseándoles éxitos.
- Mis tíos** Por brindarme su amistad, tiempo y cariño que incidieron de buena manera en mi formación.
- Mis primos** A quienes les deseo que alcancen con éxito sus metas trazadas.

**Mis amigos**

Compañeros de primaria, secundaria y universidad, a quienes les deseo éxitos en su vida profesional.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- |  |   |
|--|---|
| <b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b> | Por brindarme la oportunidad de adquirir conocimientos que me servirán para introducirme en el mundo del conocimiento y el aprendizaje, en el ámbito profesional laboral. |
| <b>Facultad de Ingeniería</b>                    | La cual es la que me brindó la base para realizar el análisis de los sucesos técnicos en el campo laboral.  |
| <b>Ing. Mynor Giovanni Sanchinelli Alburez</b>   | Por tomarse la tarea y el tiempo para poder transmitir sus opiniones y conocimientos a cerca de mi trabajo de graduación.   |
| <b>Luis Alonso García Yas</b>                    | Por orientarme en la toma de decisiones y el tiempo para poder transmitir sus conocimientos para desarrollar mi trabajo de graduación.                                    |

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. ANTECEDENTES .....	1
1.1. Historia de la empresa.....	1
1.2. Misión y visión de la empresa.....	3
1.3. Descripción general de la empresa .....	4
1.4. Estructura organizacional .....	6
1.5. Limitaciones.....	8
1.6. Productos .....	14
1.6.1. Suelas.....	14
1.6.1.1. Tipos de suelas.....	15
1.6.1.2. Composición química .....	18
1.6.2. Calzado .....	24
1.6.3. Procesos de producción .....	25
2. SITUACIÓN ACTUAL.....	39
2.1. Diagnóstico del problema .....	39
2.2. Análisis de las causas del problema.....	48
2.2.1. Factores internos y externos.....	51
2.2.1.1. Factores internos .....	51

	2.2.1.2.	Factores externos.....	53	
2.3.		Efectos del problema.....	54	
	2.3.1.	Efectos directos e indirectos.....	54	
		2.3.1.1.	Efectos directos..... 55	
		2.3.1.2.	Efectos indirectos..... 56	
2.4.		Planes de control de residuos y descartes.....	56	
	2.4.1.	Planes sobre el manejo de residuos de producción.....	56	
	2.4.2.	Planes sobre el manejo de descartes de producción.....	58	
3.		SITUACIÓN PROPUESTA .....	61	
	3.1.	Selección de los materiales reutilizables.....	61	
		3.1.1.	Selección de poliuretano y pieles..... 62	
			3.1.1.1.	Histograma y tabla de frecuencia..... 63
			3.1.1.2.	Construcción de un histograma..... 64
		3.1.2.	Selección de ABS y TR..... 68	
		3.1.3.	Selección de piel vacuno..... 68	
		3.1.4.	Selección de materiales sintéticos..... 69	
		3.1.5.	Selección de otros materiales..... 70	
		3.1.6.	Espificaciones técnicas..... 72	
	3.2.	Características y atributos de los materiales a reciclar.....	72	
	3.3.	Almacenamiento de los materiales .....	74	
	3.4.	Cuantificación del material .....	75	
	3.5.	Tratamiento de los desechos y descartes de producción.....	76	
	3.6.	Análisis de la calidad de los materiales.....	79	
		3.6.1.	Selección del material..... 80	
	3.7.	Establecimiento de la funcionalidad .....	80	
		3.7.1.	Reproceso..... 81	

3.7.2.	Reutilización .....	81
3.7.3.	Reciclaje .....	82
3.8.	Toma de datos.....	83
3.9.	Selección de la funcionalidad del material óptimo .....	86
3.10.	Selección de los equipos necesarios.....	87
4.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA .....	93
4.1.	Diseño del sistema de reciclaje y reutilización.....	93
4.1.1.	Establecimiento de las áreas de producción .....	95
4.1.2.	Selección de las áreas de producción .....	98
4.1.3.	Recaudación de materiales reutilizables .....	99
4.1.4.	Almacenamiento .....	100
4.1.5.	Tratamiento de los materiales.....	101
4.1.6.	Selección de la maquinaria.....	112
4.2.	Modalidades del reciclaje de los materiales .....	113
4.2.1.	Reutilización .....	114
4.2.2.	Reproceso .....	114
4.2.3.	Reciclaje .....	114
4.2.4.	Ventajas y desventajas de las modalidades .....	118
5.	SEGUIMIENTO .....	121
5.1.	Plan de seguimiento .....	121
5.1.1.	Monitoreo y ajustes en el sistema.....	122
5.1.2.	Implementación de nuevas tecnologías de reciclaje .....	125
5.1.3.	Selección de nuevas áreas de producción .....	128
5.1.4.	Reestructuración de nuevos planes de control .....	130

CONCLUSIONES..... 131  
RECOMENDACIONES ..... 133  
BIBLIOGRAFÍA..... 135  
ANEXOS..... 139

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa.....	7
2.	Cambios en la economía .....	9
3.	Importaciones y exportaciones entre Estados Unidos y Guatemala 1998-2003 .....	12
4.	Suela de poliuretano .....	15
5.	Granza o pellets de poliuretano termoplástico .....	16
6.	Granza o pellets de ABS .....	17
7.	Grupo de uretano eslabón de las cadenas poliméricas en los poliuretanos .....	19
8.	Segmento de los poliuretanos.....	20
9.	Estructura del ABS.....	23
10.	Máquina de tornillo alternativo u oscilable de molde por inyección para materiales plásticos.....	26
11.	Símbolos del organigrama de procesos.....	28
12.	Organigrama de producción de suelas de poliuretano de la empresa Eurosuelas S. A .....	31
13.	Organigrama de producción de suelas TR y ABS de la empresa Eurosuelas S. A .....	34
14.	Organigrama de producción de calzado de la empresa Eurosuelas S. A. ....	37
15.	Gráfica del desechos de producción de suelas de poliuretano del primer semestre 2012 Eurosuelas S. A.....	40
16.	Muestra de gamuzon sintético tila.....	42

17.	Napita café No. 2 .....	42
18.	Cuerina floter negro mate .....	43
19.	Piel <i>generation</i> .....	43
20.	Diagrama de Causa Efecto método de construcción de 6M.....	50
21.	Desperdicios de pieles y sintéticos para la producción de calzado .....	55
22.	Residuos de termoplástico.....	57
23.	Organigrama para el recuperado de TR y ABS para reproceso .....	58
24.	Descartes de producción (suelas de poliuretano y termoplásticos) .....	59
25.	Pisos armables de poliuretano y termoplásticos reciclados.....	60
26.	Gráfica del comportamiento de la dureza de la suela de poliuretano para dama .....	66
27.	Piel de res para la elaboración de calzado .....	68
28.	Textura del material sintético imitación piel .....	70
29.	Aislamiento de los materiales .....	73
30.	Almacenamiento de MP virgen, residuos y descartes de producción ....	75
31.	Corte de suela de poliuretano para la extracción de cambrayón .....	77
32.	Molino para trituración de poliuretano.....	78
33.	Deposito del grano de poliuretano en contenedor .....	78
34.	Molino para PU, ABS y TR .....	88
35.	Reactor para el reproceso de poliuretano.....	89
36.	Extrusor de TR.....	90
37.	Extrusor de ABS .....	91
38.	Diagrama de recorrido de piso armable de poliuretano y TR.....	97
39.	Formato para el método PEPS .....	101
40.	Diagrama de flujo de proceso del piso armable de poliuretano y TR...	115
41.	Diagrama de flujo de proceso para el reproceso de poliuretano.....	116
42.	Diagrama de flujo de proceso para adoquines de cemento, arena y poliuretano de uso liviano .....	117

43.	Diagrama de recorrido para la producción del piso armable de poliuretano y termoplástico .....	129
-----	--	-----

## TABLAS

I.	Cuantificación de desechos y descartes de producción.....	40
II.	Cuantificación de desechos de producción de calzado.....	44
III.	Cuantificación de recursos utilizados para la estimación de costos .....	46
IV.	Estimación del costo promedio mensual por manejo de residuos y descartes de producción de Eurosuelas S. A.....	47
V.	Frecuencia para la dureza de las suelas para dama.....	66
VI.	Tiempos cronometrados para la producción de pisos armables de TR y poliuretano de un peso de 1,84 lb .....	84
VII.	Tiempos cronometrados para el reproceso de poliuretano con el reactor de fusión .....	85
VIII.	Tiempos cronometrados para creación de adoquines para uso liviano .	86
IX.	Valoración del trabajo según método de Westinghouse y la calificación objetiva (piso armable) .....	106
X.	Suplementos concedidos para operaciones dentro de la planta de producción (piso armable).....	107
XI.	Suplementos para calificación de trabajo según esfuerzo (piso armable).....	108
XII.	Cálculo de tiempo normal.....	109
XIII.	Cálculo de tiempo estándar.....	110
XIV.	Tiempos estándar del proceso de producción de adoquines .....	111
XV.	Tiempos estándar del reproceso de poliuretano .....	112
XVI.	8 pasos para el ciclo PHVA.....	124



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Hp</b>	Caballos de fuerza
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>g</b>	Gramo
<b>g/mol</b>	Gramo por mol
<b>g/in</b>	Gramo por pulgada
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>lb</b>	Libra
<b>MP</b>	Materia prima
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>mm</b>	Milímetro
<b>min</b>	Minuto
<b>%</b>	Porcentaje
<b>In</b>	Pulgada
<b>rpm</b>	Revoluciones por minuto
<b>s</b>	Segundos
<b>BUT</b>	Unidad Técnica Británica



## GLOSARIO

<b>Abrasión</b>	Desgaste por fricción.
<b>Amorfo</b>	Es una de las estructuras que pueden adoptar los materiales en estado líquido y en estado gaseoso.
<b>Conformado</b>	Operación consistente en recubrir un objeto, generalmente por electrólisis, con un delgado estrato de cromo para protegerlo contra el ataque químico y conferirle una elevada dureza superficial.
<b>Control</b>	Es el proceso por el cual una persona, un grupo u organización vigila en forma consciente el desempeño de una operación y toma una acción correctiva para mejorarla.
<b>Craqueo</b>	Es un proceso químico por el cual se quiebran moléculas de un compuesto produciendo así compuestos más simples.
<b>Cromado</b>	Estructura compuesta de cemento, piedra caliza y en ocasiones acero. Diseñada para soportar cargas en distintas direcciones y magnitudes.
<b>Curado</b>	Proceso de conservación de la piel a través de químicos.

<b>Demanda</b>	Se define como la cantidad de bienes y servicios que pueden ser adquiridos a los diferentes precios del mercado por un consumidor.
<b>Densidad</b>	Acumulación de gran cantidad de elementos o individuos en un espacio determinado.
<b>Diagrama de flujo</b>	Es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos que ocurren durante un proceso. Incluye además la información que se considera deseable para el análisis del proceso representado en el diagrama.
<b>Entramado</b>	Conjunto de cosas relacionadas entre sí que forman un todo.
<b>Estequiometria</b>	Cálculo de las relaciones cuantitativas entre los reactivos y productos en el transcurso de una reacción química.
<b>Exotérmica</b>	Se aplica al proceso químico o físico que se produce con desprendimiento de energía.
<b>Hidrolisis</b>	Descomposición de un cuerpo o una sustancia por su reacción con el agua.

**Volumen**

Es una magnitud que define el espacio que ocupa un cuerpo en el medio en donde se encuentra, posee tres dimensiones que son base para definir el espacio ocupado.

**Voltaje**

Es una diferencia de potencial que impulsa a los electrones a lo largo de un conductor en un circuito eléctrico cerrado, provocando el flujo de una corriente eléctrica.

También se puede definir como el trabajo por unidad de carga ejercido por un campo eléctrico sobre una partícula cargada para moverla de un lugar a otro. Desgaste por fricción.

**Vulcanizado**

Conjunto de fenómenos geológicos relacionados con la actividad de los volcanes. v. tr. Mezclar el caucho natural con azufre para formar una materia elástica y resistente al frío, al calor y al agua.



## RESUMEN

El contenido de este documento explica el problema que afronta la empresa dedicada a la producción de suelas poliméricas y calzado, debido a que el proceso de transformación de la materia prima para la creación de bienes conlleva de forma implícita el manejo de mermas, desperdicio y descartes de producción.

Se describe la evolución de la compañía y los tipos de productos que se elaboran, se detallan también los procesos de producción a través de organigramas, haciendo énfasis en la cantidad de desperdicios, descarte en la producción, además de los métodos actuales que se implementan para la reducción de los desechos para la conservación del medio ambiente.

Se proponen métodos y técnicas que pueden ayudar a reducir la cantidad de desperdicios, de aprovechar de mejor forma los recursos tanto humanos como mecánicos haciendo énfasis en la protección del medio ambiente, al no permitir que los desechos sean expulsados dentro y fuera de la compañía. Seleccionando y almacenando de la mejor forma posible los materiales utilizando la menor cantidad de recursos, sin el uso de tecnología avanzada que regularmente es muy costoso en términos monetarios.

Seguidamente se propone implementar métodos tanto de reciclaje, reproceso y reutilización de los materiales producto de desechos y descartes de producción, en el cual comienza desde el establecimiento del área de producción, selección del material, proceso producción, etc.

Hasta el almacenaje del producto final implementando herramientas de ingeniería que dan alternativas en el manejo de materiales. Si bien es cierto los métodos para el tratamiento de los materiales tienen ventajas y desventajas son posibles soluciones que se pueden utilizar.

Después de implementar los métodos, es indispensable la reevaluación y control constante debido a que no existe proceso 100 % efectivo debido a que siempre se puede mejorar.

Se finaliza con los planes de seguimiento que se enfocan en la revisión y evaluación de los métodos de reciclaje, reproceso y reutilización de los materiales con el objeto de utilizar nuevas tecnologías, operaciones, etc. Que pueden mejorar la eficiencia y la reducción de los desperdicios.

# OBJETIVOS

## General

Implementar un sistema ordenado y práctico para el manejo y reutilización de residuos y descartes de producción, dentro de una planta productora de suelas y calzado.

## Específicos

1. Determinar las causas principales que generan los residuos y descartes de producción en la planta.
2. Cuantificar el costo que genera desechar los residuos y descartes de producción asimismo, de la reutilización.
3. Establecer un procedimiento adecuado para el manejo de residuos y descartes de producción en la organización.
4. Determinar el procedimiento adecuado para el reciclaje de residuos y descartes de producción.
5. Reducir la cantidad de desechos de producción, reutilizando los materiales.



## INTRODUCCIÓN

En toda organización dedicada a la producción de bienes existe un problema inevitable, el cual resulta en algunos casos muy costoso tanto para la organización como para el medio ambiente, este problema surge de los desperdicios y descartes de producción, que por ser materiales que se originan por las actividades propias de la producción de bienes, en su mayoría se desechan, tirando a la basura materiales que se pueden reutilizar para obtener un subproducto, un nuevo producto o rescatar aquellos residuos para complementar un producto ya existente.

El manejo y reutilización de los residuos y descartes de producción es una tarea en conjunto, en la que participen todos los departamentos de la organización, esto con el afán de facilitar el desarrollo de las actividades que logre la implementación de un sistema ordenado que reduzca los residuos y descartes, obteniendo de esta un beneficio económico. Si bien es cierto, la tecnología actual produce bienes con mayor calidad, siempre se originan productos que no cumplen con las expectativas de los consumidores, por lo que estos son desechados y en algunos casos reprocesados.

La eliminación de los materiales y/o conservación de los mismos, resulta ser muy costoso para cada organización. Para implementar un sistema que logre el adecuado manejo y reutilización de los materiales de producción es indispensable identificar a los sectores que afecta, ya que estos pueden proporcionar información que considere todas las necesidades insatisfechas y situaciones problemáticas ocasionadas por la generación de los desechos.

La implementación de un sistema para el manejo y reutilización de materiales de producción trae varias ventajas, en las que se puede mencionar: la reducción en la contaminación del medio ambiente, aumento en el ingreso de la organización, creación de nuevos productos, mayor eficiencia y capacidad de la organización.

# **1. ANTECEDENTES**

## **1.1. Historia de la empresa**

Inició como una fábrica de calzado en 1998, ubicándose en Lo De Bran. Su inicio fue como toda empresa en Guatemala, utilizando procesos manuales y maquinaria ensamblada en Guatemala o importada de México, debido a la necesidad de proveerse de suelas para la fabricación de sus productos, surge la idea de producir sus propias suelas con el objeto de reducir costos y abastecerse con las especificaciones requeridas.

Debido a este cambio, en 1999 la compañía se traslada al kilómetro 16,5 carretera a San Juan Sacatepéquez, Complejo Industrial Mixco Norte, convirtiéndose en la compañía pionera en la utilización del material llamado poliuretano para la producción de suelas en Guatemala. El traslado al nuevo lugar fue debido a la necesidad de obtener más espacio para readecuar procesos de mayor capacidad operativa.

De todo esto nace la fábrica de suelas denominada Eurosuelas S. A. Aunque en esa época aún se utilizaban procesos con poca automatización y tecnología antigua. Los propietarios de la compañía realizan frecuentes viajes a otros países con tecnologías más avanzadas, con el objeto de adquirir maquinaria que pueda producir suelas de mayor calidad.

En el 2001 surge la idea de producir y ampliar la gama de suelas en la organización, para tener una ventaja competitiva en el mercado.

En la búsqueda para adquirir nueva tecnología lleva a los propietarios hasta Italia, en la que se adquiere equipos nuevos y usados, además de la implementación de un nuevo material denominado termoplástico.

El nuevo proceso de producción y la implementación de la maquinaria, logran mejorar la calidad del producto terminado, reduciendo la cantidad de mermas y descartes de producción. El 11 de septiembre del 2002 ocurre un incendio de grandes proporciones provocado por un corto circuito que consume en totalidad a la compañía. Este acontecimiento provoca un nuevo traslado de la compañía para iniciar nuevamente en otra ubicación.

Ese mismo año después de la catástrofe ocurrida los propietarios deciden trasladarse en el kilómetro 17,9 carretera a San Juan Sacatepéquez, Guatemala. Reinvirtiendo en nuevos equipos, instalaciones y maquinaria. La nueva ubicación es en donde se encuentra actualmente.

La compañía inicia sus operaciones con una nave para la producción de suelas únicamente. "Debido a que la compañía es la pionera en utilizar el poliuretano para la producción de suelas, esta ha crecido favorablemente tanto en sus instalaciones como económicamente" (Revista Calzarte, 2012, p. 20).

Al iniciar en las nuevas instalaciones se contaba únicamente con una nave en la que operaban 1 máquina italiana de producción de alta calidad, las áreas de trabajo se encontraban seccionadas en la misma nave, y las oficinas eran de poca capacidad.

Debido al éxito de la compañía, la capacidad instalada crece a un ritmo acelerado, teniendo que instalar 4 nuevas naves de producción del 2004 al 2011, en la que se adquirió nueva maquinaria, se expandieron las líneas de producción, se vuelve a producir calzado implementando un nuevo proceso de inyección directa de suela de poliuretano a la piel del zapato, siendo este proceso único en toda Guatemala.

Dada la necesidad y la creciente demanda de los productos se amplían las instalaciones de la compañía. En el 2004 se traslada el área de pintura a una nueva nave, en el 2005 se implementa otra nave para la producción de suelas termoplásticas, en el 2009 se crea una nave para la producción de hormas, y por último en el 2011 se implementa el nuevo proceso de producción de calzado en el que consiste en la inyección directa de la suela al zapato, adquiriendo una máquina de inyección directa de poliuretano, se vuelve a producir calzado tanto para dama como para caballero.

## **1.2. Misión y visión de la empresa**

- Misión

“Ser una empresa reconocida por la calidad de nuestros productos, elaborados con altos estándares, capacidad y responsabilidad, creando oportunidades de desarrollo y crecimiento económico.”

- Visión

“Producir la mejor suela y calzado de Centro América que cumpla y exceda las expectativas de nuestros clientes.”

### **1.3. Descripción general de la empresa**

Eurosuelas S. A. es una compañía dedicada a la producción de suelas y calzado de diferentes estilos y diseños, que se distribuyen en el mercado local, posicionada como la empresa número uno a nivel centroamericano, y debido a la calidad de los productos, estos son exportados a otros países. Siendo los pioneros en la producción de suelas de poliuretano, TR, ABS y calzado de inyección directa de la suela a la piel del zapato en Guatemala.

Además de producir suelas y calzado distribuye y comercializa productos para la fabricación de calzado. Desarrollando exportaciones de todos los productos a distintos países como: El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Colombia, Ecuador, Cuba y México; siendo además representante en la región de empresas salvadoreñas, colombianas e italianas.

El buen desarrollo de las actividades operacionales, administrativas, etc. Que se realizan diariamente, surte efecto en el crecimiento de la compañía a un buen ritmo, si bien es cierto aún no se ha descentralizado, en un futuro se verá obligado a hacerlo para poder cumplir con la demanda del mercado.

Con el afán de ser cada día más competitivos en la industria del calzado, en la actualidad se utiliza maquinaria y procesos industriales del extranjero, específicamente de Italia, siendo este el país de donde se adquiere la maquinaria especializada en inyección del material para la producción de suelas.

Asimismo, se utiliza maquinaria de México y Guatemala para complementar las operaciones que conllevan a la transformación de materias primas en productos.

La capacitación hacia los empleados y la automatización de los procesos garantizan un buen producto. Aunque se ha avanzado en gran medida respecto al crecimiento empresarial, aún no existe una normalización en la organización que pueda garantizar sus productos con una calidad mundial, siendo este el siguiente paso a seguir para expandirse hacia otros países utilizando los beneficios que proporciona el Tratado de Libre Comercio.

El tratado, en siglas TLC-RD-CAUSA, abre la oportunidad para que la producción guatemalteca pueda tener libre acceso a un mercado de 280 millones de habitantes, que claramente creará condiciones para mejorar e incrementar las exportaciones, atraer nuevas inversiones y generar mejores oportunidades de empleo, traduciéndose ello en un mayor crecimiento económico.

El TLC con Estados Unidos facilita el comercio y la inversión entre este país y Guatemala, mediante la eliminación de los impuestos y las importaciones y otras barreras al comercio de productos y servicios. Asimismo, se obtendrán beneficios para los consumidores, quienes como resultado de una mayor competencia disfrutarán de más opciones de compra a precios competitivos.

El TLC-RD-CAUSA es un acuerdo que rige el comercio de productos y servicios entre países miembros, además de incluir normas de apoyo a las inversiones, protecciones de los derechos de propiedad intelectual, acceso a las contrataciones de los gobiernos y respeto a las leyes laborales y ambientales.

También contiene normativa para mejorar la transparencia y solucionar las controversias que puedan derivarse del intercambio comercial, todo esto resulta de gran beneficio a las organizaciones nacionales e internacionales.

#### **1.4. Estructura organizacional**

“Toda empresa está compuesta por divisiones, secciones o departamentos, de acuerdo a su capacidad” (Torres y Gonzales, 2006, p. 19). Las actividades que surgen en las organizaciones son muchas, lo cual obliga a aplicar los principios de la administración moderna.

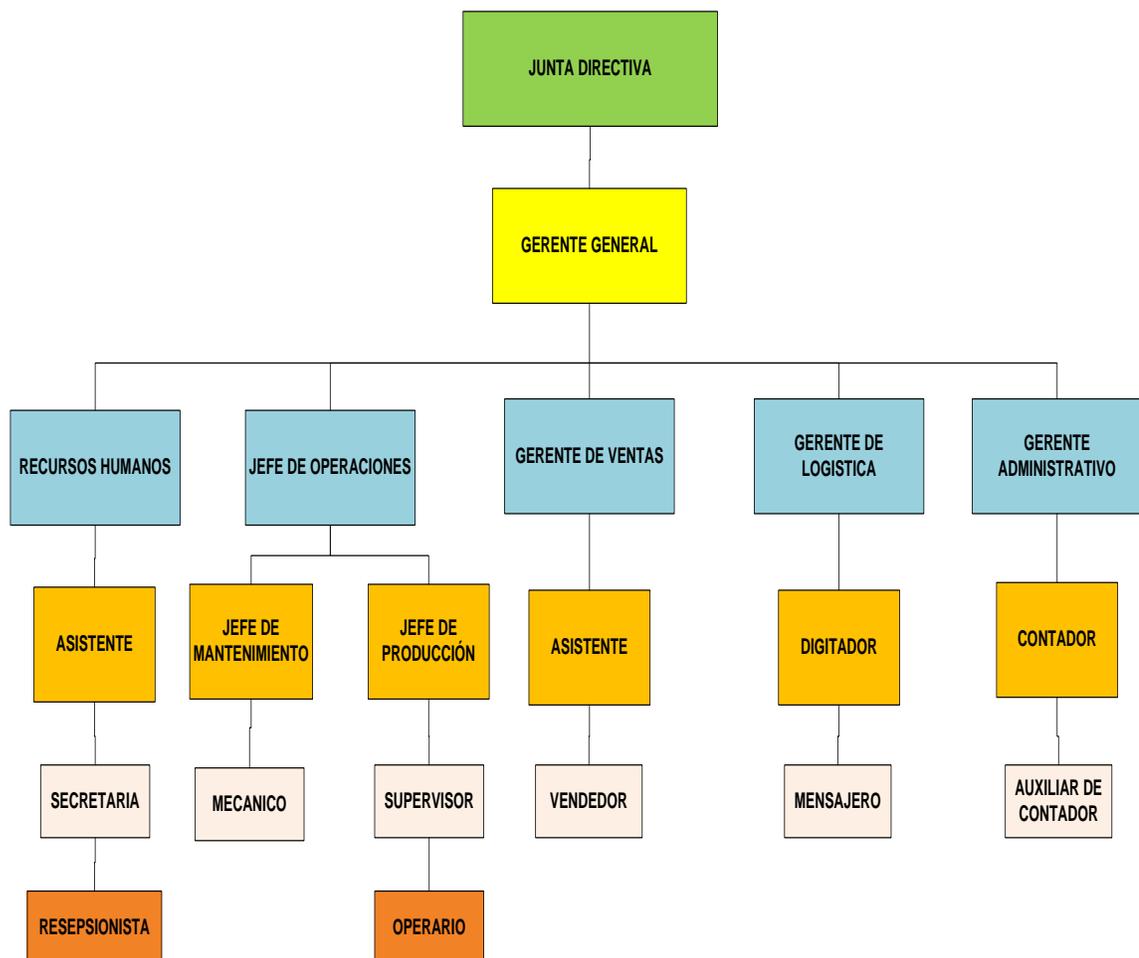
Debido a las actividades como la comprar materia prima, llevar cuentas, planeación del trabajo, manejo del recurso humano y su salud ocupacional, producción y venta de los productos, la prestación de servicios y atención al cliente; también se debe estar pendiente del mantenimiento de equipos, la seguridad hacia el interior y exterior de la empresa y el manejo efectivo de los recursos monetarios que tendrá a su disposición.

La estructura de toda empresa se obtendrá de acuerdo a la óptima clasificación que requiera, que se puedan agrupar generalmente en cuatro grandes áreas funcionales, siendo el área de producción que es donde se realizan todas las operaciones para la creación de los productos. El área de administración y financiera donde se realizan los trámites documentados y manejo monetario de la organización, el área de recursos humanos el cual distribuye y apoya a todo el personal, el área de mercadeo y ventas el cual realiza todas las operaciones necesarias para comercializar los productos creados por la empresa.

La división de las áreas se realiza para obtener un control que permita definir las operaciones para cada grupo de trabajo. La representación de la estructura organizacional está especificada en un organigrama, siendo el organigrama una representación gráfica en la cual es fácil identificar la estructura de una empresa.

En ellas están claramente expresadas las partes, la autoridad y la responsabilidad. “Además de ser una técnica usada para la representación de una empresa total, parcial o esquemáticamente” (Torres y Gonzales, 2006, p. 21). El organigrama a utilizar es un organigrama esquemático o sintético considerado para uso del público.

Figura 1. Organigrama de la empresa



Fuente: elaboración propia, Microsoft Office Visio 2007.

## **1.5. Limitaciones**

Como en toda empresa existen limitaciones sea cual fuere la razón o circunstancia, que afectan el buen desarrollo y funcionamiento de la organización.

Las limitaciones obligan a realizar ajustes y cambios constantes para poder trabajar de la mejor forma, los cambios y ajustes en los sistemas de trabajo en ocasiones no son recomendables pero si necesarias, como por ejemplo la renuncia repentina del empleado que opera maquinaria especializada y que al momento de no estar se debe sustituir por otro empleado que probablemente no está lo suficientemente capacitado para operar la maquinaria.

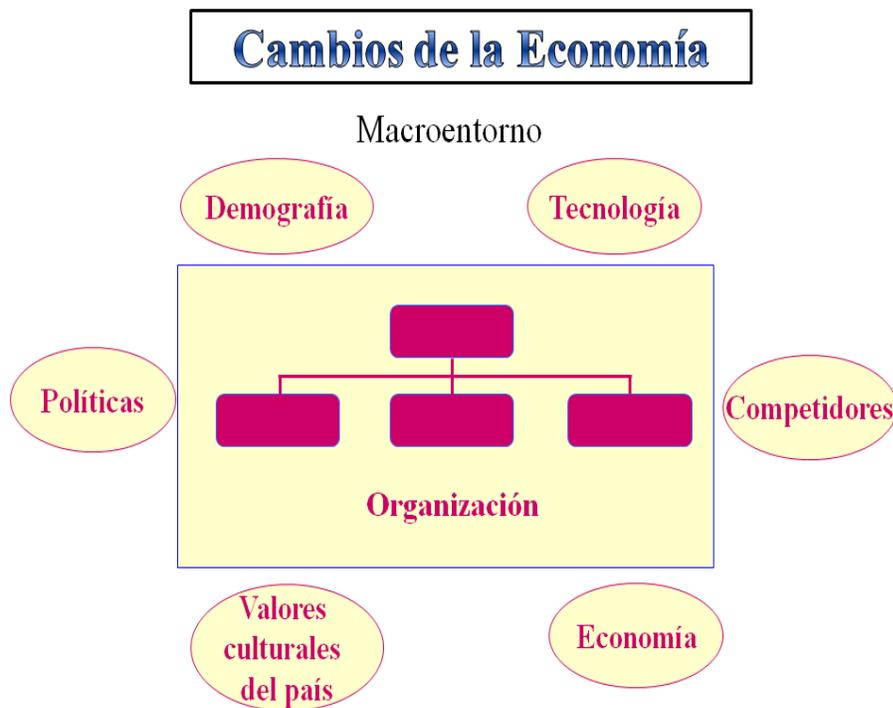
Estos nuevos ajustes traen como consecuencias desperfectos en los productos, cuya medida de selección del nuevo personal, este debe de pasar por un proceso de capacitación para poder operar la maquinaria.

Las limitaciones pueden ser vistas de varias formas como por ejemplo en el entorno general, que incluye los factores externos que por lo habitual afectan a todas las organizaciones o a la mayoría de ellas.

El entorno general representa un amplio conjunto de factores que influyen, de forma directa o indirecta, en la organizaciones de todas las industrias, este entorno incluye el tipo de sistema económico y la situación de la economía (ciclo de de expansión y recesión y nivel general de vida), el sistema político, la tecnología (artesanal, producción en masa y proceso continuo), la demografía, la formación cultural y a los competidores.

Por su puesto que los administradores no pueden controlar los factores del entorno general. Es más, por lo general es difícil prever estos factores, se considerará la situación de seis campos, como muestra la figura 2, todo estos aspectos del entorno general tienen implicaciones fundamentales para la administración de las organizaciones.

Figura 2. **Cambios en la economía**



Fuente: SLOCUM, John W. *Administración un enfoque basado en competencias*. p. 115.

Otra limitación puede ser los recursos humanos, ya que las empresas deben administrar conocimientos y no solo datos o información. La administración de los conocimientos es la creación, protección, desarrollo y participación de activos intelectuales.

Actualmente el capital humano tiene un poder mayor puesto que es la gente la que crea y comparte el conocimiento. Los trabajadores con conocimientos en muchas organizaciones se han convertido en emprendedores independientes.

Las organizaciones se ven obligadas a desarrollar nuevas formas de compensar a los empleados, pues la gente con conocimientos desea una participación cada vez mayor del bienestar que genera. Al hablar de las organizaciones esta incluye a todas, no importando el producto o servicio que preste, ya sea para este caso la producción de suelas y calzado, ya que las limitaciones afectan cualquier proceso.

La falta de oportunidades y la cantidad limitada de profesionales en Guatemala, afecta a la compañía, considerando que solo las familias de clase media alta y alta pueden darles educación universitaria a sus hijos, las empresas con personal capacitado deben de cuidarlos e invertir en capacitaciones que en ocasiones se convierten en excesivas, debido a un cambiante mercado e innovaciones continuas en los productos y procesos de producción.

Por otra parte la legislación es un factor importante que restringe o ayuda al desarrollo de las operaciones de las empresas, como por ejemplo el TLC con Estados Unidos beneficia a los países inscritos, pero no garantiza el desarrollo para todos, es decir que el país que mejor se adapte y que mejor aproveche los beneficios del tratado logrará un mejor desarrollo. Aunque la compañía se ha adaptado de manera favorable, esto no limita a la competencia local y extranjera a utilizar el tratado como herramienta para expandirse y ser un competidor que pueda introducirse al mercado de la compañía.

Esto puede o no beneficiar a las organizaciones, ya que Estados Unidos posee mejores métodos de producción, lo que indica que las empresas deben de pensar en utilizar métodos de producción con mejor eficiencia que permita competir con otros países y mejorarlos.

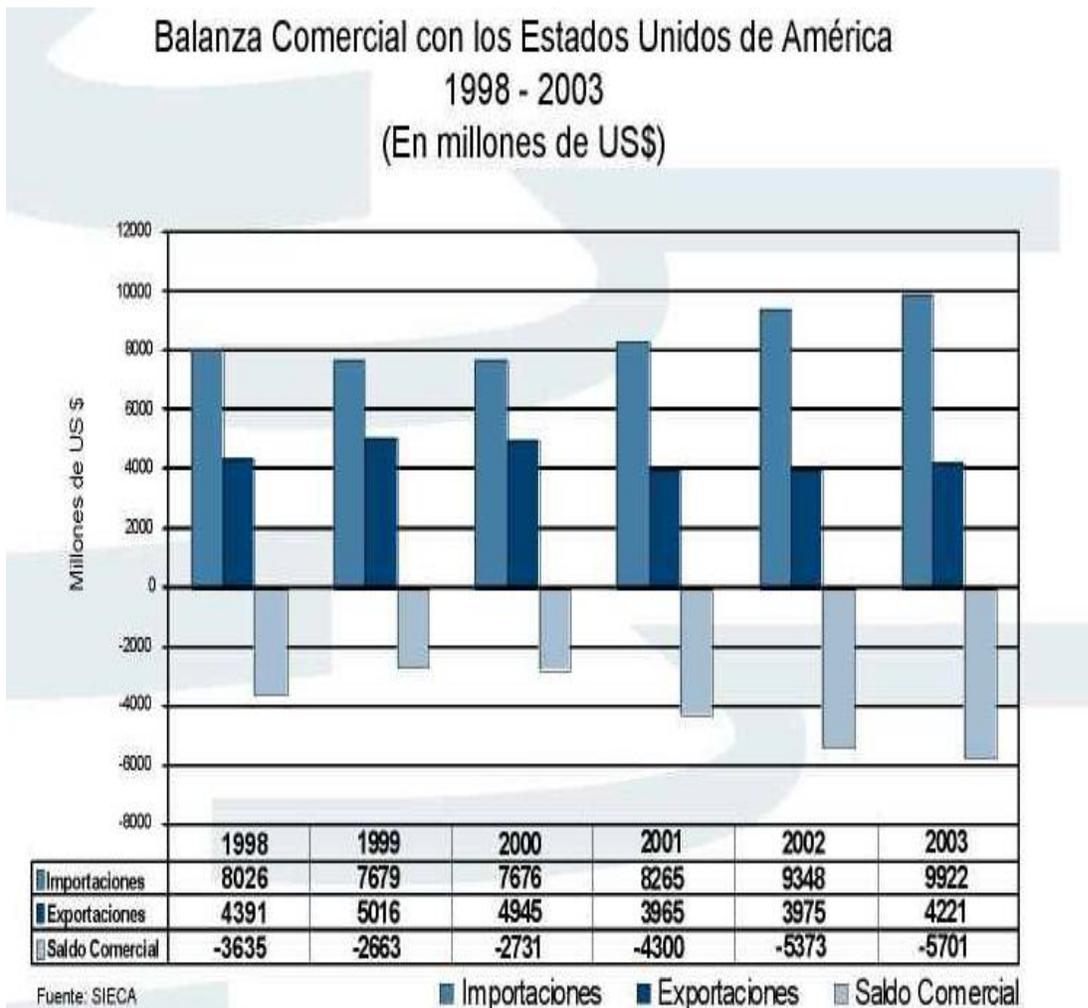
Por otra parte en un mundo cada vez más exigente, los países subdesarrollados dependen de la tecnología de otros países para una mayor capacidad productiva y operativa, siendo la tecnología un factor limitante para el país, forzado a adquirir la tecnología en otros países a un mayor costo, tal es el caso de Eurosuelas S. A., que debe de adquirir su maquinaria principalmente de Italia y México, teniendo que pagar por importaciones.

La tecnología son los conocimientos, instrumentos, técnicas y acciones que se utilizan para transformar ideas, información y materiales en bienes y servicios terminados. Las transformaciones tecnológicas desempeñan una función cada vez más importante en el entorno de una organización, ya que se constituyen en el presente y ayudan a crear el futuro.

Un efecto de la competitividad de Estados Unidos se manifiesta en las importaciones que entran al país, según el análisis desde 1998 al 2003 manifestado en la gráfica (figura 3) de la síntesis del TLC del 2005 lo que implica que si se facilitan los trámites entre ambos países las importaciones y las exportaciones a Guatemala se incrementaran.

Es notoria la diferencia entre las importaciones y exportaciones, cuyo panorama manifiesta que se importa más que lo que se exporta. Aunque los productores nacionales dependen de MP y maquinaria extranjera, cuentan con mano de obra a bajo costo que permite una ventaja para poder competir con otros países.

Figura 3. **Importaciones y exportaciones entre Estados Unidos y Guatemala 1998-2003**



Fuente: Ministerio de Economía de Guatemala. Síntesis del Tratado de Libre Comercio, República Dominicana, Centroamérica y Estados Unidos. p. 15.

Muchas de las tecnologías recientes son tan radicales que obligan a las organizaciones, en especial en sectores de alta tecnología, a reconsiderar sus propósitos y métodos de operación o enfrentar la extinción.

Guatemala no es un país que produzca tecnología, obligando a las compañías a la adquisición de maquinaria, equipos de cómputo, *software*, etc.

En otros países, esta transacción resulta muy costosa y limita a la capacidad productiva de las organizaciones, que deben de contratar personal extranjero para la capacitación del personal nacional, para el uso de la tecnología adquirida.

Por último y no menos importante se encuentra la materia prima que la actualidad no existe una empresa en Guatemala que produzca poliuretano e isocianato y/o termoplásticos (materia prima para la producción de suelas), ocasionando que estos se adquieran en otras naciones, esto conlleva a los altos costos de adquisición, tiempos de espera muy largos, etc. Limitando a las organizaciones que utilizan estos materiales para la producción de bienes.

Aunque se pueda adquirir la MP en otros países, no se deja de ser dependientes y consumidores, es necesario pensar en nuevas alternativas que puedan llevar a inversionistas a la explotación de los recursos naturales, conservando el medio ambiente a producir materias primas para el consumo nacional y extranjero.

Siendo la MP uno de los factores importantes a considerar para la producción de suelas y zapatos, la limitante se encuentra en la disponibilidad inmediata y la variación de los precios en el mercado de materiales. La organización se ha adaptado y ha ajustado sus procesos de producción a las limitantes de tal forma que realiza sus productos pese a cualquier inconveniente, pensando en la disolución de factores que afectan el buen desempeño de sus operaciones, administración y elaboración de productos.

## **1.6. Productos**

Stanton, Etzel y Walker, autores del libro *Fundamentos de Marketing*, definen el producto como "un conjunto de atributos tangibles e intangibles que abarcan empaque, color, precio, calidad y marca, más los servicios y la reputación del vendedor; el producto puede ser un bien, un servicio, un lugar, una persona o una idea".

Como se había mencionado con anterioridad los productos que se elaboran en la empresa Eurosuelas S. A. se destacan las suelas de poliuretano, suelas ABS, suelas TR y calzado.

Siendo una empresa que depende de la producción de bienes, y que no es la única empresa que se dedica a la producción de suelas y calzado, es inevitable pensar que la mayoría de empresas de su gremio día a día tratan de ser más competitivos, experimentando nuevos métodos, tecnologías, estrategias de mercado, capacitaciones, etc. El producto comienza a cambiar en medida que el consumidor cambia de preferencia según sea su necesidad.

### **1.6.1. Suelas**

La suela es la parte del zapato que por lo general está formado por una material más resistente que el zapato en sí. Sirve para proteger la planta del pie y proporcionar tracción y mayor fricción para evitar caídas.

Las suelas pueden ser de distintas formas según el zapato, proporcionando características diferentes para cada uno. Un ejemplo claro de esto es un zapato de patinaje, que posee una mayor fricción y, al contrario, en una zapatilla de ballet esta es más suave.

### 1.6.1.1. Tipos de suelas

Las suelas se pueden clasificar según el material del cual están hechas, además de la necesidad a cumplir para la que se destina su producción, esto implica variaciones en dureza, abrasión, brillo, etc.

- Suelas de poliuretano (PU): son las suelas cuyo material está compuesto por la mezcla de dos componentes, el poliol e isocianato además de reactivos. Este material es ligero por lo que muchas veces se selecciona este material para suelas de dama que tienen plataforma o tacones altos. Suelas de seguridad, ese material también es largamente utilizado en calzados de seguridad, una vez que las suelas de PU son ligeras, durables y flexibles.

Figura 4. **Suela de poliuretano**



Fuente: [www.eurosuelas.com](http://www.eurosuelas.com). Consulta: abril de 2014.

- Suelas de goma termoplástica: *Thermoplastic Rubber* es un caucho sintético con propiedades termoplásticas. Dentro de sus características se encuentra la baja densidad, elasticidad, adherencia al piso, excelente flexibilidad (incluso con bajas temperaturas). Se puede utilizar en mayoría de calzados como; mocasines, botas, sandalias, etc.
- Suelas de poliuretano termoplástico: son fabricadas por moldeo por inyección a partir de poliuretano termoplástico en forma de pellet (figura 5), la suela tiene la propiedad de ser muy resistente a la abrasión, tiene mayor duración que las suelas de caucho, mejor propiedad de resiliencia, esto hace del caminar más cómodo, además de tener muy buenos acabados brillantes y mates.

Figura 5. **Granza o pellets de poliuretano termoplástico**



Fuente: Eurosuelas S. A., planta de TR y ABS, muestra de pellets de TR.

“Mediante los métodos de conformado empleados para transformación de los termoplásticos, como el moldeo por inyección, moldeo por soplado y extrusión” (William F. Smith). En los tres casos hay ciertas peculiaridades distintas al termoplástico estándar, por lo que informarse bien antes de procesar.

- Suelas ABS: “acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) es un termoplástico común usado para suelas de calzado, se usa por su buena absorción de choque” (Smith, 1998, 385). También para piezas de automóviles del cuerpo, cubiertas de la rueda, cerramientos, casco protector, buffer bordes de los paneles de muebles y ebanistería, etc.

Figura 6. **Granza o pellets de ABS**



Fuente: Eurosuelas S. A., planta de TR y ABS, muestra de pellets de ABS.

Aunque las principales suelas producidas en la compañía son las suelas de poliuretano, TR y ABS, esto no implica que no existan otros tipos de suelas los cuales ocupan un espacio en el mercado como lo son:

- Suelas de policloruro de vinilo (PVC): son las suelas cuyo material está compuesto básicamente por resina de policloruro de vinilo (PVC) y DOP Di-Octilphtalt, son suelas relativamente pesadas comparadas con los de otros materiales.
- Suelas en materiales expandidos: estas suelas están compuestas de PVC o TR, difieren en que tienen uno o varios componentes que permiten expandir estos materiales (como el Spancel, o Celogen) y de ese modo la suela pesa menos, en algunos casos se disminuye la resistencia a la abrasión.
- Suelas de etilen vinil acetate (EVA): están fabricadas de "Etilen Vinil Acetate", es muy ligero de peso, pero no tiene un buen acabado.
- Suelas de cuero: estas son elaboradas normalmente a partir del cuero del ganado vacuno o cualquier otro animal.
- Suelas de caucho o hule: son suelas fabricadas con hule vulcanizado, por lo que son muy resistentes y pesadas, son muy resistentes a la abrasión.

#### **1.6.1.2. Composición química**

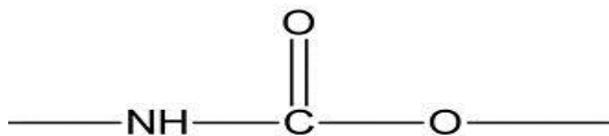
Debido a la gran gama de materiales termoplásticos, se hace el énfasis en los materiales utilizados para la suela producida por la organización, siendo la composición química y las proporciones de mezclas, muy importante ya que de esta dependen las características y acabados de los productos finales (suelas).

- Química del poliuretano

Es un polímero que se obtiene mediante condensación de di-bases hidroxílicas combinadas con disocianatos. Los poliuretanos se clasifican en dos grupos, definidos por su estructura química, diferenciados por su comportamiento frente a la temperatura. De esta manera pueden ser de dos tipos: termoestables o termoplásticos (poliuretano termoplástico, según si degradan antes de fluir o si fluyen antes de degradarse, respectivamente).

Los termoestables son fabricados de una forma permanente y vulcanizados o endurecidos por reacciones químicas, no se puede refundir ni almacenar, y son degradados o descompuestos por calentamiento a temperatura elevada. Por ello, los plásticos termoestables no se pueden reciclar.

Figura 7. **Grupo uretano eslabón de las cadenas poliméricas en los poliuretanos**



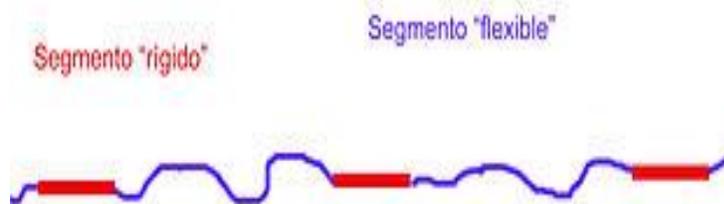
Fuente: [es.wikipedia.org/wiki/Poliuretano](http://es.wikipedia.org/wiki/Poliuretano). Consulta: febrero de 2014.

La formulación de los poliuretanos depende mucho de la aplicación final para la cual quieran ser empleados. En general, la reacción de formación del polímero, común en todos ellos, es una policondensación que da lugar a cadenas poliméricas unidas mediante grupos uretano como los mostrados en la figura 7.

Normalmente su formulación se basa en la combinación de dioles(HO-R-OH) de baja o media masa molecular (1 000-2 000 g/mol) combinados con diisocianatos (NCO-R'-NCO). Los dioles proporcionan un carácter elástico, flexible y tenaz al material por lo cual sus segmentos en la estructura molecular se denominan "segmentos flexibles".

Además según la aplicación deseada, los requisitos y las sollicitaciones a las que se verá sometido el material final se pueden añadir diferentes moléculas con grupos funcionales de carácter básico y con grupos hidrógeno lábiles (-OH, -NH<sub>2</sub>, -SH, principalmente) para conferir a la estructura polimérica segmentada (figura 8) y con diferentes propiedades. Los disocianatos junto con estas otras moléculas disfuncionales añadidas forman parte de la estructura molecular que los químicos denominan "segmentos rígidos" (figura 8).

Figura 8. **Segmento de los poliuretanos**



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Poliuretano>. Consulta: febrero de 2014.

Según su grado de segmentación (balance entre segmentos rígidos y flexibles) se obtienen materiales muy diversos y con diferentes propiedades. La reactividad se puede observar en una simple inspección visual y, en el caso de las espumas, está dividida en los siguientes tiempos, medidos en segundos:

- Tiempo de crema: 5-15 s. Formación de monómeros y polímeros.
- Tiempo de hilo: 30-70 s. Estructuración, formación de redes cristalinas.
- Tiempo de subida. Finalización de la expansión.
- Tacto libre: 10-50 s. Formación de piel, finalización de la reacción.
- La superficie del material deja de ser adhesiva.

El isocianato y el polioliol, al mezclarse, ocasionan una serie de reacciones químicas que conducen a enlaces de uretanos, poliuretanos, alofanatos, ureas modificadas, cianatos prepolímeros etc. En total unas 17 reacciones químicas simultáneas, en que el paquete de catalizadores hace que se tome una dirección preferente u otra.

Se genera una exotermia que puede elevar la temperatura hasta más de 100 °C, que hace que el propelente en disolución en el polioliol se convierta en un gas. La reacción de isocianato con agua genera dióxido de carbono. Por el calor generado, parte del agua se convierte en vapor. Todo esto hace que expanda la mezcla, formándose pequeñas celdas después del gelado o cremado. Aunque las celdas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) son parte del reticulado, se entremezclan con las que contienen fluorocarbonos para efectos de estabilidad dimensional.

- Química del termoplástico

Los termoplásticos para ser conformados requieren la aplicación de calor previo al enfriamiento que les confiere la forma definitiva. Estos materiales pueden ser recalentados y reformados varias veces sin sufrir cambios significativos en sus propiedades.

Muchos termoplásticos poseen una larga cadena principal de átomos de carbono unidos covalentemente. A veces existen átomos de nitrógeno, oxígeno o azufre unido por enlace covalente en la cadena molecular principal, a esta cadena también se puede unir otros átomos o grupos de átomos covalentes. En este grupo de termoplásticos, las cadenas moleculares se unen entre sí por enlaces secundarios.

La Química del Termoplástico (TR), Smith manifiesta que se comienza con la estructura química de los polioles de cadena lineal y larga, así como los dioles de cadena lineal y corta, reaccionan con los diisocianatos para formar un polímero semicristalino de estructura lineal (por eso es termoplástico), en el cual la unión de los polioles a los diisocianatos componen la parte amorfa (segmento flexible), y la unión de los dioles de cadena corta con los diisocianatos dan lugar a la parte cristalina (segmento rígido). El tipo de materia prima, así como las condiciones de la reacción, determinan las propiedades del producto final obtenido.

- Química del ABS

Es el nombre que se le da a una familia de termoplásticos. El acrónimo está derivado de los tres monómeros utilizados para producir ABS: acrilonitrilo, butadieno y estireno.

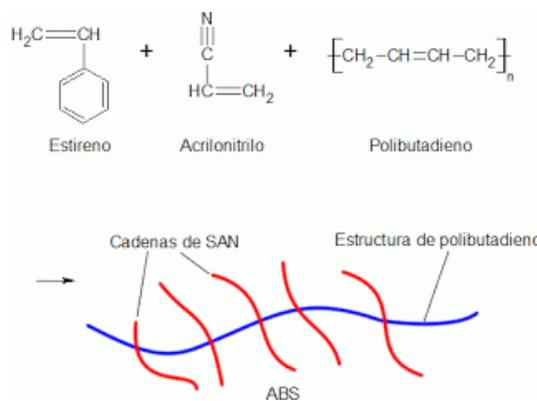
Se trata de un copolímero hecho por polimerización de estireno y acrilonitrilo en presencia de polibutadieno. Las proporciones pueden variar de 15 a 35 % de acrilonitrilo, de 5 a 30 % de butadieno y estireno 40 a 60 %. El resultado es una larga cadena de polibutadieno entrecruzada con cadenas más cortas de poli (estireno-co-acrilonitrilo).

Los grupos nitrilo de cadenas vecinas, siendo polares, se atraen entre sí y se unen las cadenas juntas, haciendo ABS más fuerte que el poliestireno puro. El estireno da al plástico una superficie brillante, impermeable.

El butadieno, una sustancia gomosa, proporciona resistencia incluso a bajas temperaturas. Para la mayoría de las aplicaciones, ABS se puede utilizar entre -25 y 60 ° C como sus propiedades mecánicas varían con la temperatura. Las propiedades son creadas por el endurecimiento de goma, donde las partículas finas de elastómero se distribuyen a lo largo de la matriz de rigidez.

La resistencia al impacto puede ser amplificado por el aumento de la proporción de polibutadieno en relación con estireno y acrilonitrilo aunque esto causa cambios en otras propiedades. Resistencia al impacto no se cae rápidamente a temperaturas más bajas. “Estabilidad bajo la carga es excelente, con cargas reducidas. Por lo tanto, cambiar las proporciones de los componentes es ABS se puede preparar en diferentes grados” (Smith, 1998, p. 385).

Figura 9. **Estructura del ABS**



Fuente: [tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/abs.html](http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/abs.html). Consulta: febrero de 2014.

### **1.6.2. Calzado**

El calzado es la parte de la indumentaria utilizada para proteger los pies. Adquiere muchas formas como: zapatos, sandalias, botas o deportivas. El calzado es vestido por una variedad de motivos, incluyendo la protección del pie, la higiene o el simple adorno. A menudo se utilizan medias o calcetines al vestir calzado.

Los tipos de calzado varían según sea la comodidad, gusto, etc. De cada persona, sea cual fuere la razón el calzado se considera ahora como una necesidad. Aunque existe una gran gama de calzado se consideran los siguientes como los más comunes:

- Botas
- Sandalia
- Zapatos de plataforma
- Zapatos deportivos
- Zapatos con alzas
- Zapatos de tacón, etc.

El producto principal elaborado en la compañía es la suela de dama, pero la producción de calzado ha ido en acenso debido a la creciente demanda en el mercado. Y debido a que se necesitan recursos financieros para poder elaborar todo tipo de calzado la compañía se ha enfocado en la producción de sandalias, botas, zapatos de tacón y calzado casual de dama y caballeros. Para luego poder invertir en nuevas maquinarias, herramientas, MP, etc. para realizar todo tipo de calzado.

### 1.6.3. Procesos de producción

El proceso de producción consiste en la secuencia lógica y ordenadas de actividades para la transformación de materia prima en productos. La elaboración se realiza con maquinarias mecánicas y con mano de obra artesanal que se encarga de darle detalle.

- Producción de la suela

Existen varios procesos para la fabricación de suelas, las cuales pueden ser inyectadas o moldeadas en una máquina de compresión, según sea el tipo de material. Para las suelas de poliuretano PU la materia prima se encuentra en forma líquida, y en conjunto con los aditivos realizan la reacción en moldes de aluminio que forman la suela.

En los casos de los termoplásticos TR y ABS la materia prima es granulada y es fundida a temperaturas entre los 100 °C y 170 °C para luego ser estampada en moldes fabricados con aluminio, acero, zamak o pasta con el diseño negativo de la suela. El proceso más común e importante en la producción de suelas TR y ABS, es el denominado molde por inyección, el cual consiste en la inyección del material a procesar al molde que le da la forma final.

“Las máquinas modernas de moldeado por inyección (ver figura 9) utilizan un mecanismo de tornillo alternativo para fundir el plástico e inyectarlo dentro del molde. Una de las principales ventajas del método de tornillo alternativo frente al tipo de pistón es que el tornillo impulsor entrega una fundición más homogénea para la inyección” (Smith, 1998, p. 367).

En el proceso de moldeo por inyección, los gránulos de plástico contenidos en una tolva caen, a través de una apertura en el cilindro de inyección, sobre la superficie de un tornillo rotatorio impulsor, el cual transporta aquellos hacia la parte anterior del molde.

Figura 10. **Máquina de tornillo alternativo u oscilable de molde por inyección para materiales plásticos**



Fuente: SMITH, William F. *Fundamento de la ciencia e ingeniería de materiales*. p. 368.

La rotación del tornillo fuerza los gránulos contra las paredes calientes del cilindro, obligando a que se funda debido al calor de compresión, al de fricción y al calor de las paredes del cilindro.

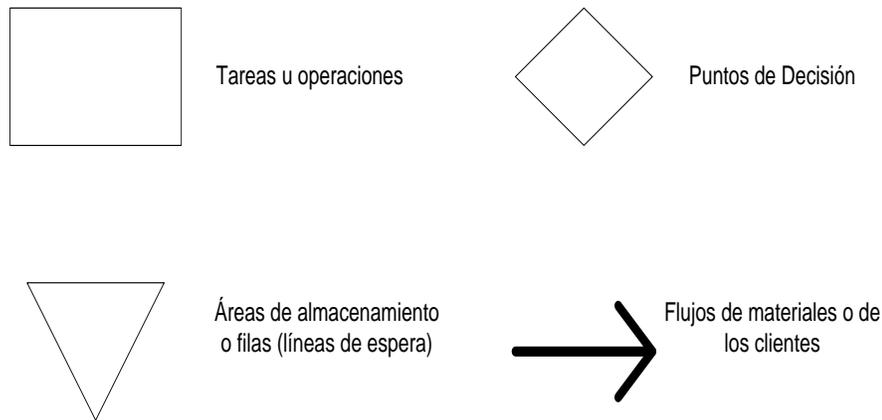
Cuando en el molde, al final del tornillo, se encuentra suficiente cantidad de material fundido, el tornillo se detiene y por un movimiento de pistón inyecta un chorro de plástico fundido a través de sistema de bebedero de colada en las cavidades de un molde cerrado (ver anexos Secuencia de las operaciones para el proceso de moldeo por inyección con tornillo alternativo).

El eje del tornillo mantiene la presión sobre el material plástico de tiempo para permitirle convertirse en sólido y luego se retira. El molde está refrigerado por agua para enfriar rápidamente la parte plástica. Finalmente, el molde es abierto y la pieza es retirada del molde con aire o por expulsores de resorte.

Debido a que cada empresa tiene su propia forma de operar y a que la tecnología evoluciona día a día, haciendo a los procesos de producción más eficientes. Se realizan los organigramas de procesos para generalizar las operaciones, obteniendo una mejor visión de la secuencia de cada operación.

“A menudo las actividades asociadas con un proceso se afectan entre sí, de manera que es importante considerar el desempeño simultáneo de varias de estas actividades” (Chase, 2005, p. 117). Una buena forma de analizar un proceso es mediante la utilización de un diagrama que muestra sus elementos básicos, por lo común tareas, flujos y áreas de almacenamiento (ver figura 11).

Figura 11. **Símbolos del organigrama de procesos**



Fuente: AQUILANO, Chase Jacobs. *Administración de la producción y operaciones*. p. 117.

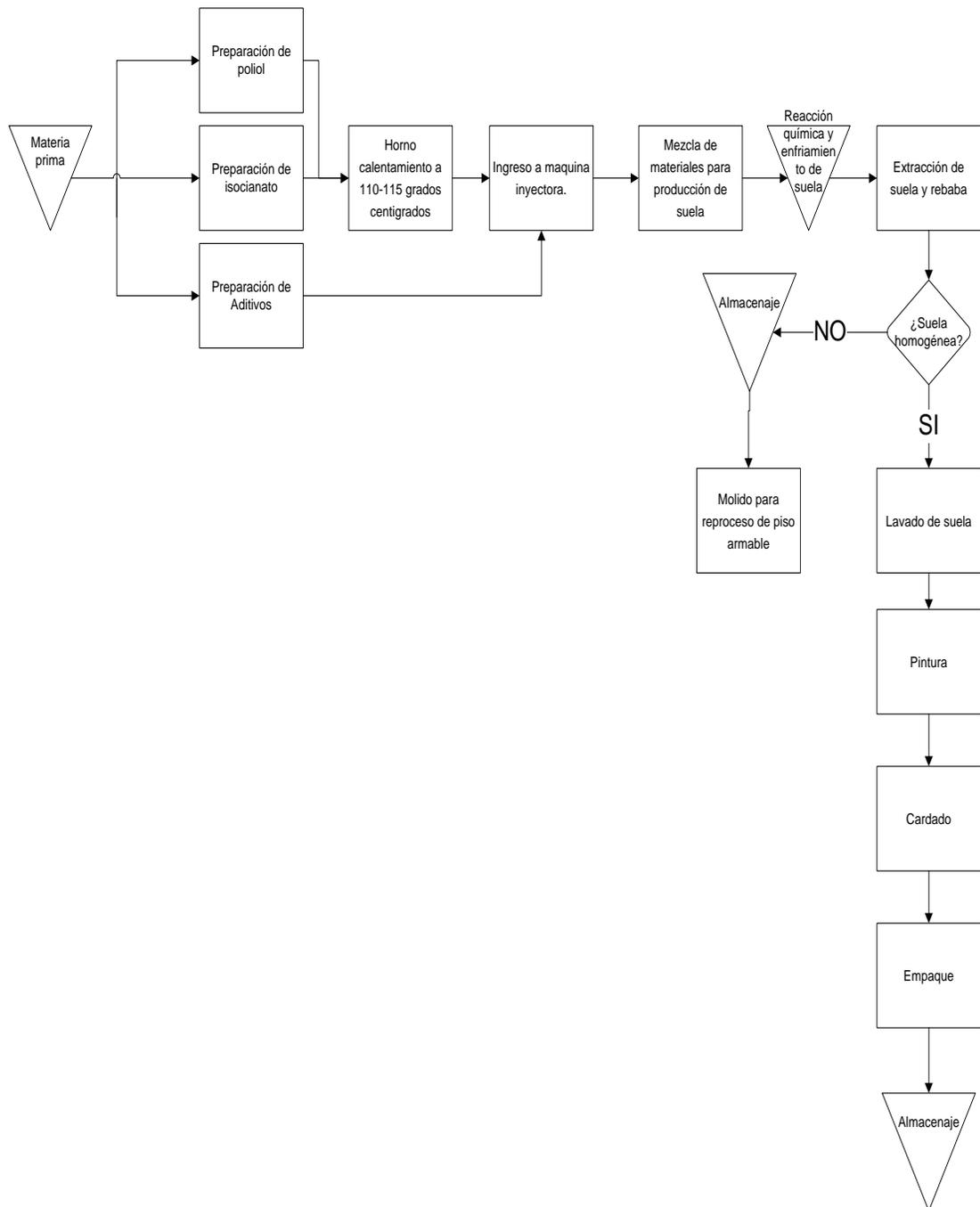
- Producción de suela de poliuretano.
  - La preparación del poliol e isocianato comienza en la bodega de materia prima, se extraen tanto el poliol y el isocianato de la bodega el cual debe ser manejado con cuidado evitando derrames, al mismo tiempo se extraen los catalizadores (aditivos para la reacción requerida) son corrosivos y es necesario utilizar el equipo de protección adecuado.
  - Al obtener el poliol e isocianato, estos son trasladados en los contenedores (toneles) hacia un horno donde el material es calentado a temperaturas entre 110 y 115 grados Celsius para obtener la viscosidad requerida ya que tanto el poliol con el isocianato a temperatura ambiente mantienen su viscosidad, estado en las que no es posible la mezcla exitosa.

- Una vez calentado los materiales, estos son llevados a un horno de temperatura constante con el objeto de mantener caliente los materiales y que puedan ser manipulados en el momento requerido.
- Una vez calentados los materiales se trasladan a un mezclador, donde se introducen todos los aditivos y/o catalizadores requeridos en proporciones adecuadas para obtener la consistencia adecuada y la dureza de la suela sea la adecuada.
- Paralelo a la preparación de los materiales se realiza la preparación de la máquina de inyección, introduciendo los moldes donde se realizara la mezcla del polioliol y el isocionato,
- Una vez colocados los moldes se le agrega un desmoldante para que la reacción de los materiales no quede pegada en los moldes.
- Obtenida la mezcla de la materia prima se traslada a la máquina de inyección el que contiene 2 nuevos tanques que se mantienen a temperaturas entre 45 a 50 grados Celsius, estos tanques son propios de la maquina inyectora, en cada tanque se agrega una sola mezcla, es decir en un tanque se agrega el polioliol con todos sus aditivos y el isocianato con todos sus aditivos en el otro tanque.
- Se colocan los cambrayones de las suelas en los moldes antes de que ingrese el polioliol e isocianato.
- Conteniendo el material los tanques de polioliol e isocianato, mediante una bomba, los materiales son impulsados hacia una cabeza de inyección.

Donde deja caer la cantidad adecuada de cada material en los moldes y en ese preciso instante un mezclador realiza la mezcla de los materiales para que se realicen todas las reacciones químicas, al mismo tiempo el molde es cerrado.

- Luego de un tiempo prudencial se abre el molde y se extrae la suela. Obtenida la suela se lleva a la maquina denominada refiladora, el cual sirve para quitar la rebaba de la suela.
- Teniendo la suela sin rebaba se lleva a la lavadora donde se lava con percloroetileno, una vez lavada la suela, esta es secada ya que el percloroetileno es muy corrosivo al contacto con la piel.
- Al obtener la suela ya lavada, esta es llevada al área de pintura donde una vez establecido el diseño, color, etc. Es pintada y colocada en un transportador que pasa por hornos, donde es secada la pintura.
- Luego la suela es transportada a una máquina denominada cardadora donde se le quita una pequeña película en la parte superior de la suela, para que al momento de agregarle el pegamento este se adhiera adecuadamente. Y por último la suela es empacada y lista para ser almacenada o vendida.

Figura 12. Organigrama de producción de suelas de poliuretano de la empresa Eurosuelas S. A.



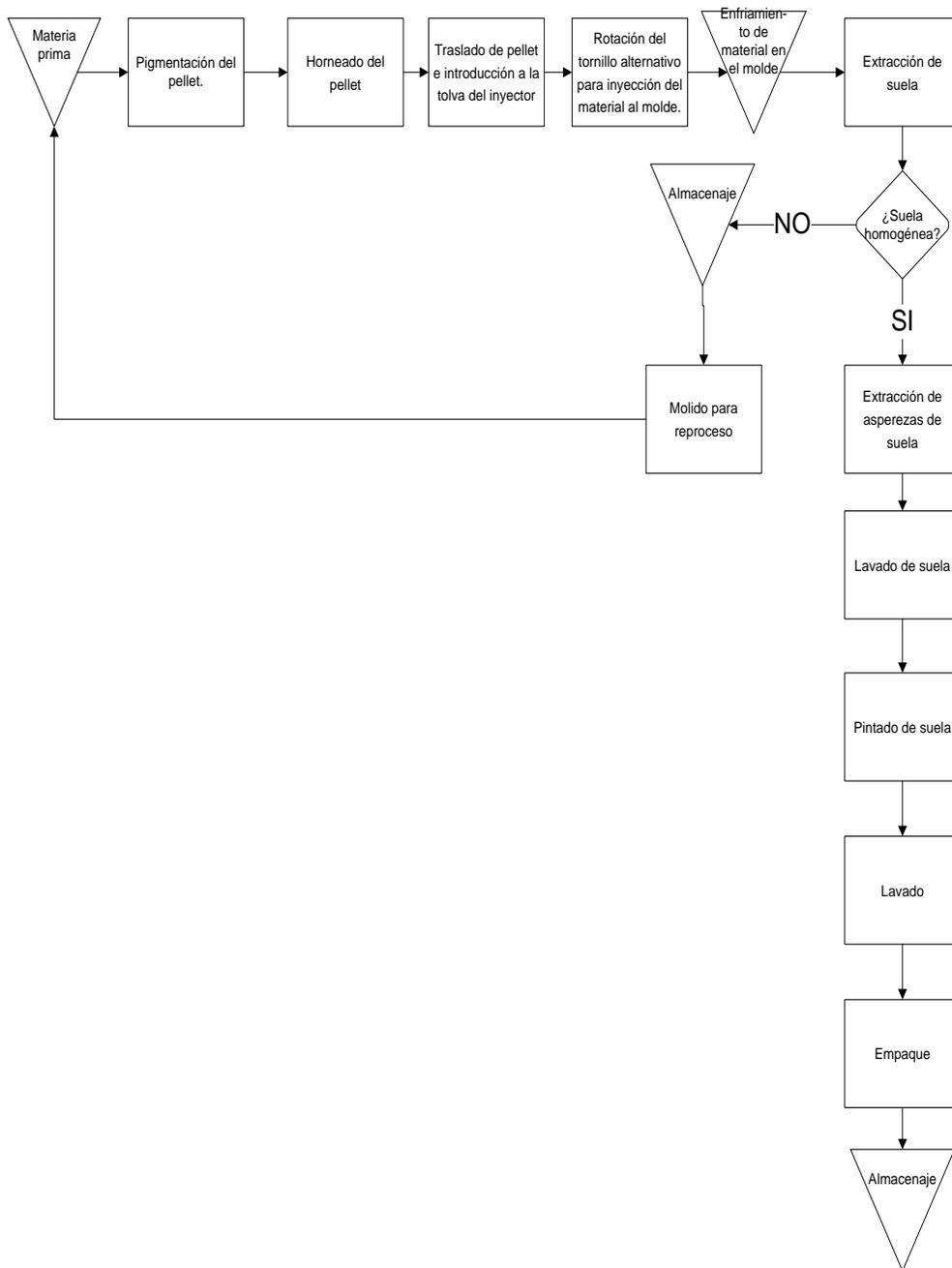
Fuente: elaboración propia, Microsoft Office Visio 2007.

- Proceso de producción de suelas termoplásticas y ABS. Tanto el termoplástico como el ABS llevan procesos similares pero no son iguales, por lo tanto las propiedades no son las mismas. Ambos materiales tienen forma de *pellet* o *pelet* es una denominación genérica, no española, utilizada para referirse a pequeñas porciones de material aglomerado o comprimido. El término es utilizado para referirse a diferentes materiales.
  - La preparación del material comienza en la extracción en cantidades requeridas de *pellet* en forma de gránulos de baja densidad en color neutro o sin color de la bodega de materia prima.
  - Es trasladado al área de pigmentos donde es pigmentada según sea el color requerido por el diseñador de la suela.
  - Una vez pigmentado el *pellet*, este es llevado a un horno donde se calienta con el objeto de eliminar toda humedad existente en el material, ya que si este es procesado pueden quedar burbujas de aire en la suela que reducen la calidad de la misma.
  - Al tener el *pellet* completamente seco, este se traslada a la máquina extrusora que es la que realiza el proceso de transformación del *pellet* a una suela, manejando temperaturas variables según sea el material, utilizado entre 200 y 220 grados Celsius para el ABS y 140 a 160 grados Celsius para el TR.
  - Paralelamente al horneado del *pellet* la máquina extrusora es preparada colocando los moldes, aplicando el desmoldante y ajustando la máquina.

- Al llegar el *pellet* a la maquina lista, es introducido en un compartimiento que contiene al material y en base a la gravedad es impulsado al extrusor de la máquina.
- Listo el material en la máquina, se procede a inyectar el *pellet* mediante el extrusor hacia los moldes.
- Una vez inyectado el material a los moldes se espera un tiempo prudencial y se saca la suela.
- Teniendo la suela esta es transportada y procesada hacia la máquina refiladora donde se le quitara la rebaba.
- Según sea el estilo de la suela esta es llevada al área de pintura donde se le agrega un diseño específico y se pinta.
- Después de haber pintado la suela, esta es introducida a un horno mediante una banda transportadora.
- Por último se empaca la suela como producto terminado y se procede a almacenar.

Para visualizar de mejor forma el proceso es necesario la utilización de un organigrama de producción de suela TR, ya que es muy variable el proceso de producción, debido a que existen varias formas, estilos, detalles, etc., que modifican constantemente el proceso de producción (ver figura 13).

Figura 13. Organigrama de producción de suelas TR Y ABS de la empresa Eurosuelas S. A.



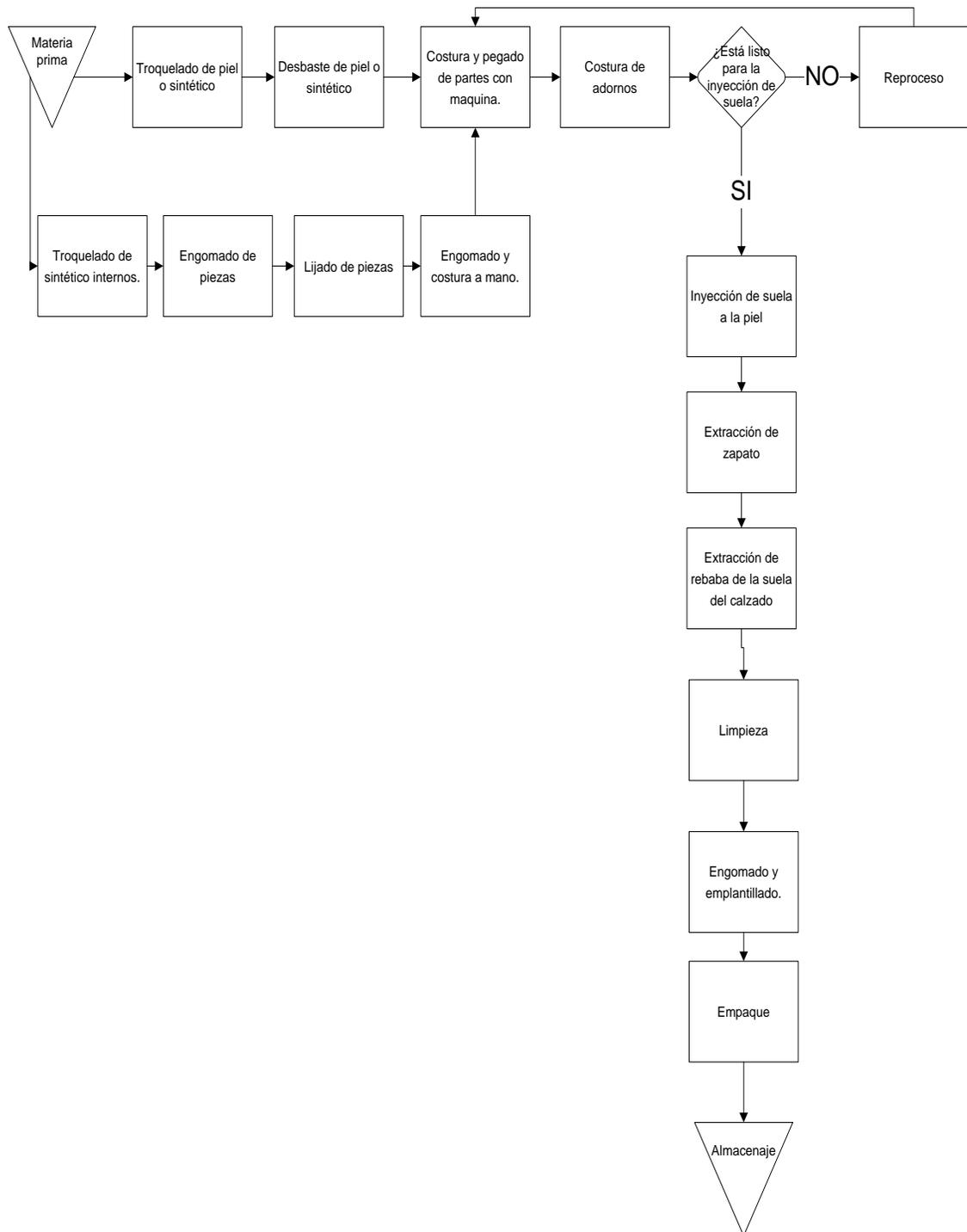
Fuente: elaboración propia, con base a Microsoft Office Visio 2007.

- Proceso de producción de calzado: gracias a la adquisición de maquinaria con tecnología avanzada la organización cuenta con un proceso de producción de calzado muy exitosa y única en toda Guatemala, siendo la inyección de suela directa al corte. Aunque existen una gran cantidad de estilos de zapato la variación en los componentes y accesorios es muy evidente. Gracias al nuevo sistema de producción de calzado implementado en la organización se establece el siguiente proceso de producción de calzado de inyección directa de suela al corte.
  - Se extrae la materia prima (pieles, sintéticos, planchas de cartón para las plantillas, etc.) para llevarlos al área de corte.
  - Tanto las pieles como los demás accesorios (plato, parte trasera, ribete, pala) son troquelados (cortados) a las medidas requeridas para la elaboración del calzado según sea el diseño que se requiera.
  - Una vez teniendo las partes del zapato debidamente cortados se traslada a las desbastadoras donde se desbastan (reducir de grosor a la piel) las regiones requeridas de la piel del zapato este procesos es realizado con sumo cuidado revisando constantemente que la materia prima sea rebajado a la medida requerida.
  - Se traslada las piezas del zapato a las maquinas de costura donde paralelamente se costura la parte trasera se pega la cinta, se costura en zigzag la pala y laterales.
  - En paralelo se martilla la parte costurada de la sección trasera del zapato, se engoma el ribete y se costura la unión de la pala y lateral.

- Se costura el lado del ribete.
- Se pega el ribete.
- Se martilla el ribete.
- Se costura el ribete.
- En paralelo se extrae el material sintético de la bodega para la plantilla del calzado y se engoma la parte trasera.
- Se troquela el sintético para la plantilla y se costura la parte trasera en paralelo.
- En paralelo se costura la plantilla a las partes del zapato y se realiza el preformado.
- En casos se realiza el BRON que es una costura a mano como diseño del calzado.
- Si se requiere se le coloca una serigrafía a la piel del calzado y se colocan los remaches u ojetes.
- Se colca el antifaz (adorno)
- Se costura la plantilla a corte (strobrel)
- Se realiza el embauchado.
- Se inyecta la suela de poliuretano a la piel.
- Se realiza el desembauchado.
- Se realiza el refilado para quitar la rebaba.
- Se limpia el calzado.
- Se engoma la plantilla.
- Se realiza el emplantillado.
- Se empaca el zapato.
- Se traslada a la bodega de producto terminado.

Para visualizar de mejor forma es necesario realizar un organigrama de producción que identifique la secuencia de producción y permita la mejor comprensión del sistema.

Figura 14. Organigrama de producción de calzado de la empresa Eurosuelas S. A.



Fuente: elaboración propia, con base a Microsoft Office Visio 2007.



## **2. SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1. Diagnóstico del problema**

Basado en las cantidades y acumulaciones de materia transformada que al final de todo el proceso no cumple con las características y especificaciones tanto del cliente como de la compañía, resulta problemático el manejo de los materiales residuales ya que estos en su mayoría no son biodegradables.

La cantidad de desechos tanto de producción como de mermas, es cuantificada en volumen, peso, masa o pares. Realizando un conteo mensual de los desechos y descartes y cuantificando la cantidad en kilogramos. Para dicho efecto se dividen en desechos de suelas y de calzado.

- Desechos y descartes de producción de suela

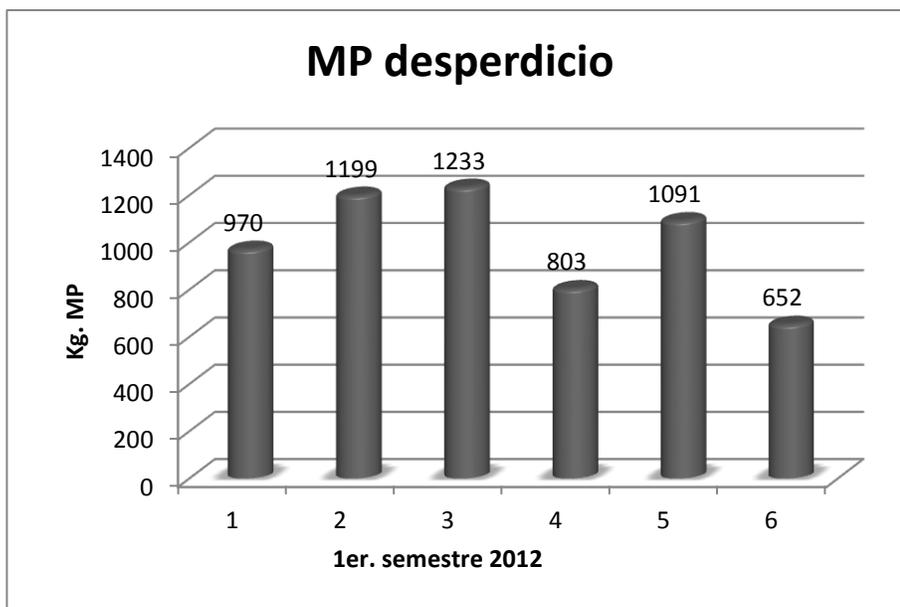
Las cantidades de desechos y descartes de producción son cuantificados en conjunto debido a que tanto los desechos como descartes son del mismo material y conservan las mismas propiedades, al momento de reprocesarlas estas son molidas de la misma forma tanto los desechos y los descartes y revueltas en un mismo contenedor. La cantidad de materia prima en kilogramos de desperdicio se comporta según sea la cantidad de la demanda del mercado de suelas, es decir; si existe una fuerte demanda del mercado de suelas la cantidad de desperdicios se incrementa siendo directamente proporcional y viceversa.

Tabla I. **Cuantificación de desechos y descartes de producción**

	Consumo de poliuretano mensual			
	Mes	Kg de M.P. usados	Kg de M.P. en producto bueno	Kg de M.P. desperdicio.
1er. Semestre 2012	Enero	41 124	40 154	970
	Febrero	54 541	53 342	1 199
	Marzo	45 457	44 224	1 233
	Abril	36 906	36 103	803
	Mayo	60 350	59 259	1 091
	Junio	23 703	23 051	652
	Total	262 081	256 133	5 948
	Promedio	43 680,17	42 688,83	991,3333

Fuente: Eurosuelas S. A., tabulación de desperdicios 1er. semestre 2012.

Figura 15. **Gráfica de desechos de producción de suelas de poliuretano del primer semestre 2012 Eurosuelas S. A.**



Fuente: elaboración propia, con base a Microsoft Office Excel 2007.

- Cuantificación de desechos de producción de calzado.

Debido a que cada descarte de producción de calzado es vendido como producto de segunda según políticas de la organización, en la producción de calzado se toma en cuenta únicamente los desechos de producción.

La cantidad de desechos se encuentra en función de varias restricciones debido a que la adquisición de la materia prima no siempre es uniforme ya que se trabajan con pieles que cuando estas se encuentran en el animal sufren desperfectos por garrapatas, heridas, etc. Que por ende dejan marcas muy notorias y que afectan al momento de utilizar la piel.

Por otra parte los materiales sintéticos utilizados, aunque son más uniformes y presentan una mejor superficie para el corte, es imposible la utilización del 100 % del material.

Según experiencia de los productores de calzado y al aprovechamiento máximo de las materias primas para la producción de calzado se ha establecido lo siguiente:

- Se estima un 5 % de desperdicios de materia prima sintética.
- Se estima un 7 % de desperdicios de materia prima como pieles.
- Se estima en promedio la utilización de 1,25 pies cuadrados para la producción de un par de zapato.
- Según el comportamiento de la demanda del mercado abarcado por la organización se producen 300 pares de zapatos diarios con el material sintético.
- Se estima una producción de 300 pares de zapatos mensuales de pieles de ganado.

Para la cuantificación de los desechos de producción se utilizaron las siguientes muestras, siendo las más comunes y con las que se trabajan con regularidad. Aunque existe similitud visual entre los sintéticos y las pieles las características son muy diferentes por lo que se presentan muestras sintéticas para las figuras 16, 17 y pieles para las figuras 18 y 19.

Figura 16. **Muestra de gamuzon sintético tila**



Fuente: Eurosuelas S. A., planta ATA, bodega de MP.

Figura 17. **Napita café No. 2**



Fuente: Eurosuelas S. A., planta ATA, bodega de MP.

Figura 18. **Cuerina floter negro mate**



Fuente: Eurosuelas S. A., planta ATA, bodega de MP.

Figura 19. **Piel *generation***



Fuente: Eurosuelas S. A., planta ATA, bodega de MP.

Una vez obtenida la muestra se procede a medir la cantidad de gramos por cada material, resulta ser imposible medir todos los materiales ya que existe una gran gama de estilos grosores, densidades, etc. Por lo que se toma como referencia los medidos a continuación como los más comunes.

Tabla II. **Cuantificación de desechos de producción de calzado**

<b>Sintético</b>		<b>Nombre</b>	<b>Gamuzon sintético color tila</b>				
Medida	In.	Peso en gramos					
Largo	2	Peso de cada muestra				Media	
Ancho	2						
pulgada cuadrada	4In <sup>2</sup>	2	2	1,9		2	1,98 g/4In <sup>2</sup>
Observaciones		Sintético con superficie homogénea.					
<b>Sintético</b>		<b>Nombre</b>	<b>Napita café No. 2</b>				
Medida	In.	Peso en gramos					
Largo	2	Peso de cada muestra				Media	
Ancho	2						
pulgada cuadrada	4In <sup>2</sup>	2g	1,85g	2g	2g	2g	1,97 g/4In <sup>2</sup>
Observaciones		Sintético con superficie homogénea y áspera.					
<b>Sintético</b>		<b>Nombre</b>	<b>Cuerina floter negro mate.</b>				
Medida	In.	Peso en gramos					
Largo	2	Peso de cada muestra				Media	
Ancho	2						
Pulgada cuadrada	4In <sup>2</sup>	2g.	2g.	2g.	2g.	2g.	2g/4In <sup>2</sup>
Observaciones		Sintético con superficie homogénea.					
<b>Piel</b>		<b>Nombre</b>	<b>Piel generation</b>				
Medida	In.	Peso en gramos					
Largo	2	Peso de cada muestra				Media.	
Ancho	2						
pulgada cuadrada	4In <sup>2</sup>	4g.	3g.	3g.	3,5g.	3.5g.	3,4 g/4In <sup>2</sup>
Observaciones		Piel con superficie suave no homogénea de color negro.					

Fuente: elaboración propia, con Microsoft Office Excel 2007.

Realizando la conversión y tomando las restricciones anteriores la cantidad en kilogramo de desechos de producción es:

- Desechos de sintético

$$\text{Promedio} = \frac{(1.98 + 1.97 + 2)g}{(3) * 4ln^2} = 1.98333g/4ln^2$$

Consumo

$$\begin{aligned} &= \frac{(1.9833)g}{4ln^2} * \frac{(12 In)^2}{(1Ft)^2} * \frac{1.25Ft^2}{1 \text{ par de zapatos}} * \frac{300 \text{ pares}}{\text{día}} \\ &* \frac{26 \text{ días}}{\text{mes}} * 5\% \text{ desperdicio} * \frac{1kg}{1000g} = 34.81Kg/\text{mes} \end{aligned}$$

- Desechos de piel

$$\text{Promedio} = \frac{(3.4)g}{4ln^2}$$

Consumo

$$\begin{aligned} &= \frac{(3.4)g}{4ln^2} * \frac{(12 In)^2}{(1Ft)^2} * \frac{1.25Ft^2}{1 \text{ par de zapatos}} * \frac{300 \text{ pares}}{\text{mes}} \\ &* 7\% \text{ desperdicio} * \frac{1kg}{1000g} = 3.213Kg/\text{mes} \end{aligned}$$

- Desperdicio total:

Sintético + Piel= (34,81 + 3,213) kg/mes = Total=(38,023 kg/mes) desperdicio.

- Estimación del costo monetaria por acumulación de desechos y descartes de producción.

Debido a que existen variantes para el cálculo del costo que genera a la compañía se obtiene un estimado monetario. Tomando en cuenta que se aprovecha al máximo los recursos de la compañía y a que las operaciones a las que realiza no son propiamente las del reciclaje de materiales se destinan siguientes recursos para el manejo y recuperación de materiales (ver tabla III).

Tabla III. **Cuantificación de los recursos utilizados para la estimación de costos**

Producto	Material	Empleados	Maquinaria	Herramientas	Materiales extras
Suela	Poliuretano	2	Molino, 1 hp	3 sierras/mes	10 bolsas plásticas día
	ABS	2	Molino, 1 hp	3 sierras/mes	
	Termoplástico	2	Molino, 1 hp	3 sierras/mes	
Calzado	Sintético	1			5 bolsas plásticas día
	Piel				

Fuente: elaboración propia, Microsoft Office Excel 2007.

Estos recursos tanto humanos como materiales y mecánicos llevan la tarea de acumular, trasladar, seleccionar y procesarlos materiales producto de desechos y descartes de producción en pequeños gránulos para nuevas operaciones, ya sean de reciclaje, recuperación o reproceso de materiales.

En la compañía se trabajan 2 jornadas las cuales son: diurna y nocturna, aunque solo se utiliza la jornada diurna para la recuperación de materiales y debido a que no se necesita mano de obra especializada, se trabaja según el salario mínimo según el acuerdo gubernativo 537- 2013 vigente para el año 2014, el cual fue publicado en el diario oficial el viernes 27 de diciembre de 2013, para el sector agrícola y no agrícola de Q 2 530,34/mes.

Asimismo, la maquinaria trabaja 5 horas al día con una tarifa según COMEGSA de Q1,68 kw/hora (ver anexo de factura) según mes de marzo 2014, en promedio trabajan 15 días al mes. Por otra parte los materiales varios (bolsas y sierras) tienen un valor monetario variable, según donde se compren ya sea este en abarroterías, o tiendas de conveniencias. Por los que se establece el valor promedio para la sierra de corte de Q 20,00 y de Q 1,00 por bolsa plásticas según el mes febrero 2014. Tomando en cuenta las disposiciones anteriores de obtiene el cálculo y la integración de costos en la tabla IV.

Tabla IV. **Estimación del costo promedio mensual por manejo de residuos y descartes de producción de Eurosuelas S. A.**

Mano de obra	=	7 trabajadores*(Q 2 530,34/mes)	=	Q17 740,38
Maquinaria	=	3 molinos*(1hp/molino)*(1kw/1,34hp)* (5horas/día)*(15días/mes)*(Q1,68kw/ hora)	=	Q282,09
Herramientas	=	(9sierras/mes)* (Q20,00/sierra)	=	Q180,00
Materiales extras	=	(15bolsas/día)*(Q1,00/bolsa)*(26días/ mes)	=	<u>Q390,00</u>
Total			=	Q18 592,47

Fuente: elaboración propia, Microsoft Office Excel 2007.

## 2.2. Análisis de las causas del problema

Definido el problema el cual es la acumulación de los desechos y descartes de producción de suelas y calzado, se consideran las causas utilizando un diagrama de Causa Efecto complementada con la lluvia de ideas.

El diagrama de Causa Efecto (Ishikawa) es un método gráfico mediante el cual se representa y analiza la relación entre efecto (problema) y sus posibles causas. Existen tres tipos básicos de diagramas de Ishikawa, los cuales dependen de cómo se busca y se organizan las causas en la gráfica.

Siendo los diagramas como: “método de flujo de proceso, el cual la línea principal del diagrama sigue la secuencia normal del proceso en la que se da el problema analizado, método de estratificación o enumeración de causa, el cual va directo a las causas potenciales sin agrupar de acuerdo como en el método de construcción de las 6M” (Gutierrez, 1997, p. 192).

Es el más común y consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales (6M): métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. Estos seis elementos definen, de manera global, todo proceso, y cada uno aporta parte de la variabilidad del producto final, por lo que es natural esperar que las causas de un problema estén relacionadas con alguna de las 6M.

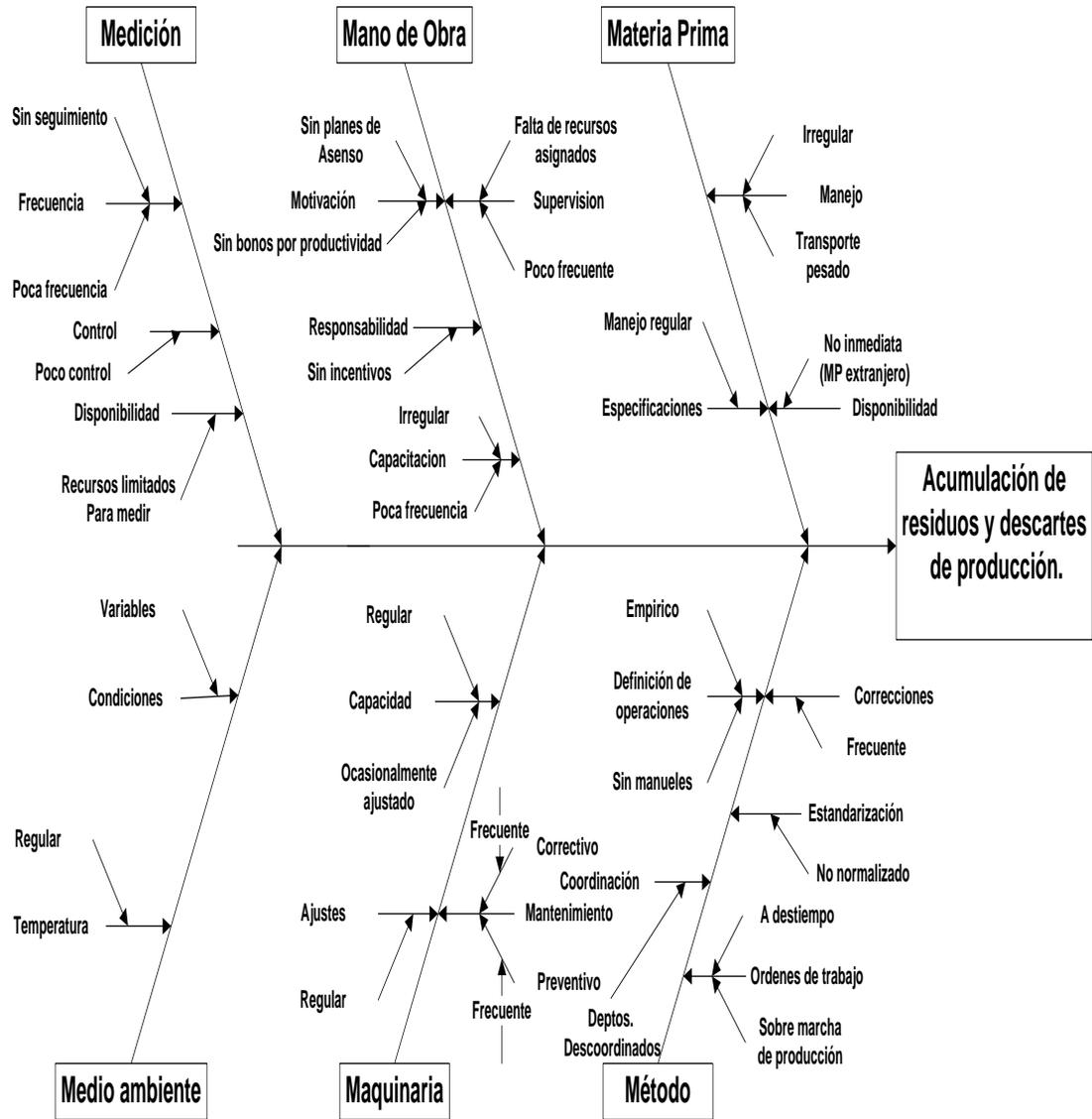
Debido a la gran cantidad de operaciones resulta ser para este caso más práctico y factible analizar las causas del problema de acumulación de residuos y descartes de producción con el método de las 6M, obteniendo las siguientes ventajas:

- Lograr conocer más el proceso o la situación.
- Simplifica la participación y el trabajo en equipo y como guía para discusión.
- Las causas del problema se buscan activamente y los resultados quedan plasmados en el diagrama.
- Muestra el nivel de conocimiento técnico que se han logrado sobre el proceso.
- Señala todas las posibles causas de un problema y como se relacionan entre sí, con lo cual la solución se vuelve un reto y se motiva así el trabajo por la calidad.
- Puede aplicarse secuencialmente para llegar a las causas de fondo del problema.

Al evaluar mediante el diagrama de Ishikawa la situación de la compañía se obtienen las causas principales por las cuales se genera la acumulación de desechos y descartes de producción según la figura 20.

Aunque la gráfica presenta una gran cantidad de factores es evidente que la mayor cantidad de problemas se encuentran en el método de trabajo y en la mano de obra (ver figura 20), por lo que pueden ser los factores a considerar para reducir la acumulación de residuos y descartes propios de la producción de bienes y servicios, aunque no se descartan los demás factores que se dividen en factores internos y externos.

Figura 20. Diagrama de Causa Efecto método de construcción de 6M



Fuente: elaboración propia, con base a Microsoft Office Visio 2007.

### **2.2.1. Factores internos y externos**

Se establecen los factores internos y externos como aquellos acontecimientos, situaciones o procedimientos que afecten el buen funcionamiento de la organización, las que se pueden dar de forma interna, es decir factores que son provocados por las operaciones de la organización y que pueden ser manejados y/o controlados, y externa, es decir factores que no competen a las operaciones de la organización y que pueden ser manifestados por acontecimientos fuera de la organización sin que se tenga control.

El análisis para la evaluación de los factores internos y externos se realizó en base a la generación de la información, el cual fue necesario recopilar datos a través de diversos métodos que permitieran establecer realmente las condiciones con que estaba operando la planta de producción de la empresa.

#### **2.2.1.1. Factores internos**

El siguiente análisis está relacionado al diagrama de Causa Efecto (figura 20) como la descripción de los factores que podrían afectar a la organización.

- **Clima laboral:** en ocasiones la presión y demanda del mercado, se refleje en la cantidad de trabajo y/o pedidos en las organizaciones. Esta exigencia del mercado crea un ambiente de tensión en los empleados que se encuentran en la mayoría de casos presionados para cumplir con la cantidad de productos demandados.

- Mano de obra: los empleados se encuentran desmotivados respecto a la cultura de reciclaje, ya que para ellos es más fácil producir una unidad más que reprocesar el producto anterior por fallas técnicas, además de no existir planes como: repartición de ganancias que puedan incentivar al empleado para reprocesar y trabajar de mejor forma.

La capacitación de los empleados es realizada empíricamente ya que no existen manuales de operación que los puedan apoyar. Por falta de recursos las supervisiones en la producción, reproceso y manejo de residuos y descartes no es constante, ocasionando que no se encuentre la forma de asignar la causa de que si la falta de responsabilidad de los empleados o si las fallas técnicas de la maquinaria son las responsables por la acumulación de los desperdicios.

- Maquinaria: en ocasiones las fallas de la maquinaria o el desajuste de los mismos ocasiona desperfectos en los productos, debido a desgaste por la cantidad de horas que trabajan o mal ajuste de los operadores al momento de utilizarla. Esto provoca constantes reparaciones tanto preventivas como correctivas.
- Método: si bien es cierto que los procesos de producción en la organización son buenos no se encuentran estandarizados, es muy frecuente realizar correcciones en las estaciones de trabajo, existe descoordinación entre los departamentos de ventas y producción, existen cambio de órdenes de trabajo para otro producto sobre la marcha ocasionando que la cantidad de materia prima desechada se acumule en grandes proporciones por cambio de colores, moldes, etc.

- Medición la mayoría de mediciones se realizan para verificar el cumplimiento de las especificaciones de los productos siendo este el mecanismo para separar los productos buenos, malos e irregulares, siendo esta operación en ocasiones solo visuales. Esto puede incidir en los criterios de los encargados de cada estación de trabajo ya que al momento de inspeccionar un producto en proceso, este puede ser aceptado por uno y rechazado por otro en base a criterios, en ocasiones no se da una continua medición y la asignación de recursos es limitada.

#### **2.2.1.2. Factores externos**

- Acreedores: los acreedores son todos aquellos que proveen de recursos que no competen a materia prima para la producción de bienes. Para este caso los acreedores de repuestos para la maquinaria en ocasiones no cumplen con las especificaciones requeridas o proveen repuestos poco resistentes. Además de los retrasos para la entrega de las requisiciones afectan las operaciones de la organización, ya que se sigue trabajando con repuestos malos o parcialmente reparados.
- Medio ambiente: en Guatemala hay dos estaciones marcadas: la temporada seca, y la temporada de lluvias, estas dos estaciones infieren en la organización ya que en la temporada seca la escases de agua provoca que se tenga que comprar pipas de agua incrementado el gasto de operación y en la temporada de lluvias, las temperaturas bajas ocasiona que se consuma más energía eléctrica para mantener la temperatura adecuada para el proceso de producción.

- **Materia prima:** la MP utilizada en la organización es importada de otro país, la disponibilidad de la misma se encuentra limitada por el costo de importación y el tiempo que se tarda en llegar al país. Una vez en la organización la MP es manejada irregularmente ya que el registro de la cantidad consumida en la toma de muestras, residuos, etc., no se lleva con regularidad dejando datos importantes fuera de las mediciones.

La recopilación de la información se basó en entrevistas a los empleados, inspección de áreas de trabajo para el control de condiciones mínimas, antecedentes y por inspección visual. Aunque el análisis es por la experiencia, honestidad y opiniones entre empleados, encargados y jefes, la evaluación de la información presenta un panorama de la situación de la organización.

### **2.3. Efectos del problema**

La transformación de la materia prima en bienes normalmente ocasionan mermas o productos fuera de las especificaciones, que ocasiona nuevas operaciones para reprocesarlas o desecharlas, por ende se deben asignar recursos económicos, humanos, etc. Para manejar los desechos y descartes de producción, esto provoca efectos negativos en la organización.

#### **2.3.1. Efectos directos e indirectos**

Los efectos directos e indirectos se relacionan a la cantidad de desechos y descartes de producción de la organización, que por lo general se manifiestan en los efectos contrarios a los objetivos de la empresa. Los efectos directos e indirectos pueden ser perjudiciales tanto a la empresa como en sus alrededores, debido a que si no se manejan adecuadamente los desechos pueden llegar a contaminar el medio ambiente.

### 2.3.1.1. Efectos directos

Son aquellas relacionadas directamente a la organización, las cuales tienden a afectar el buen desarrollo y crecimiento económico, además del manejo forzado de los desechos (ver figura 21), siendo los más comunes:

- Reducción en la capacidad operativa.
- Incremento de costos por reproceso.
- Pérdidas monetarias en materia prima desechada.
- Manejo forzado de los desechos de materiales no biodegradables.
- Reducción de espacio físico por almacenar los desechos y descartes de producción no biodegradables.

Figura 21. **Desperdicios de pieles y sintéticos para la producción de calzado**



Fuente: Eurosuelas S. A., planta ATA, área de troquel de pieles y sintéticos.

Por otro lado dichos desechos y descartes de producción pueden ser manejados de tal forma que puedan ser útiles para la producción de nuevos productos, subproductos y/o complementos de otros productos creando un efecto positivo para la organización. Obteniendo un nuevo uso para los materiales, la compañía obtiene más dividendos que a la larga se convierten en nuevos sistemas de producción para nuevos productos.

#### **2.3.1.2. Efectos indirectos**

Estos efectos están relacionados al manejo de los residuos y descartes de producción de la organización al momento de salir de sus instalaciones, que puedan ocasionar alguna complicación como: demandas por daños al medio ambiente o contaminación ambiental.

### **2.4. Planes de control de residuos y descartes**

En la actualidad los controles internos de la organización para el manejo de residuos y descartes de producción se llevan a cabo solo en la producción de suelas, más no así de la producción de calzado ya que en este caso la cantidad de desechos y descartes es menor.

#### **2.4.1. Planes sobre el manejo de residuos de producción**

Los residuos en la producción (ver figura 22) de suelas termoplástica son agrupados por cada jornada, aunque las operaciones propias de la organización no es el recuperado de materiales, se realizan operaciones destinadas a reducir la cantidad de desperdicios, con el afán de conservar el medio ambiente y tener una cultura de reciclaje los métodos implementados en la organización son ideadas por los directivos.

Figura 22. **Residuos de termoplástico**



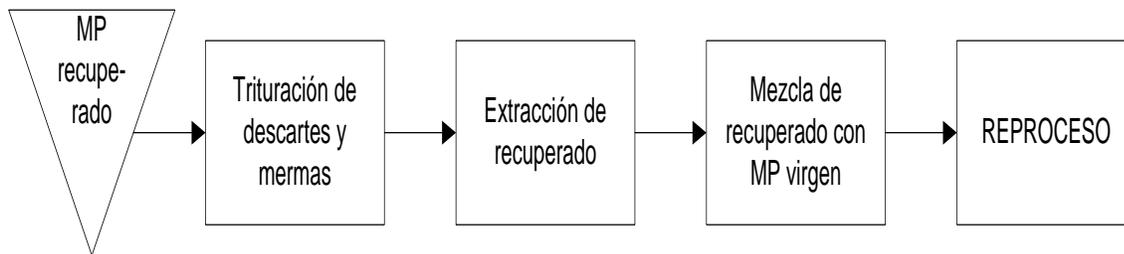
Fuente: Eurosuelas S. A., merma fuente de la maquina extrusora de TR.

La reutilización de materiales en la organización es una actividad que se realiza en segundo plano, es decir son actividades extras a las propias y a las que se dedica la organización. Por lo que utiliza métodos similares tanto para el recuperado de suelas TR y ABS, siguiendo el siguiente proceso. Aunque los métodos son similares importante hacer la aclaración que tanto el TR como ABS no se deben mezclar.

Los procesos de recuperación llevan la misma secuencia la recuperación de ABS se hace separado de la recuperación del TR. Es decir que la recuperación de los materiales se hace separados uno del otro. Por lo que se sigue la siguiente secuencia ordenada el cual puede ser visualizado de mejor forma en el organigrama 23.

- Se reúne toda la merma y de producción en contenedores plásticos (canastas plásticas).
- Se llevan los contenedores con la merma a un área de reproceso.
- Se extraen porciones de mermas y se introducen a un molino donde son triturados.
- Al obtener los granos de las mermas se reutilizan para la producción de suelas y una parte del TR es para la producción de pisos armables.

Figura 23. **Organigrama para el recuperado de TR y ABS para reproceso**



Fuente: elaboración propia, con base a Microsoft Office Visio 2007.

Una vez teniendo el material recuperado y mezclado con el material virgen se procesa como en el organigrama de la figura 13 del capítulo 1, siguiendo la misma secuencia.

#### **2.4.2. Planes sobre el manejo de descartes de producción**

Los descartes de producción son en su mayoría reutilizados, aunque este proceso resulta ser costoso pero que reduce la cantidad de desechos en la organización producto de fallos en el sistema de producción.

Figura 24. **Descartes de producción (suelas de poliuretano y termoplásticos)**



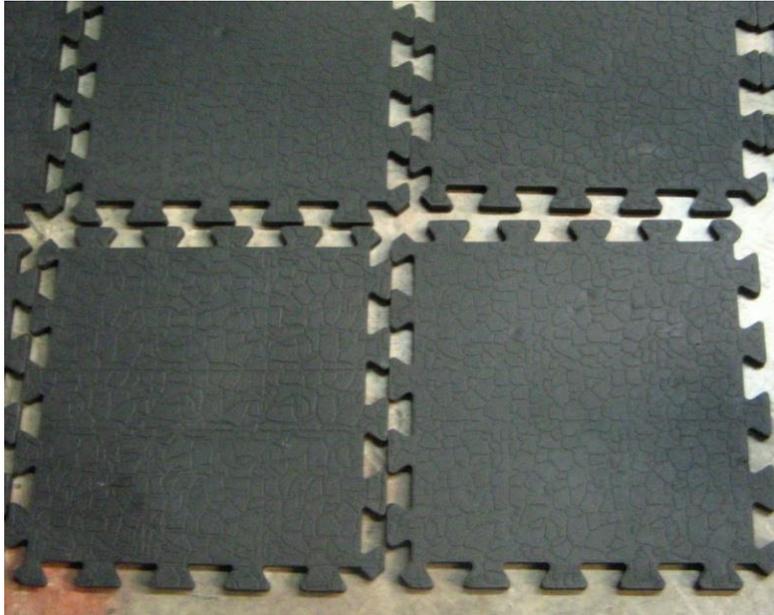
Fuente: Eurosuelas S. A., área de corte de suelas para el recuperado de materiales.

Dentro de los planes se realizan operaciones que en sus posibilidades la organización lleva a cabo, aunque es difícil y costoso el reproceso de los materiales, siempre existen formas de aprovecharlos. Los planes para el manejo de materiales que realiza la organización son:

Producción de pisos armables de poliuretano y termoplásticos: los pisos armables son la combinación de poliuretano y termoplásticos, que son elaborados de descartes de producción y reprocesados inyectando la mezcla de ambos productos molidos en un molde adecuado para que puedan ser ensamblados y abarcar cualquier superficie plana que se desee (ver figura 25).

Esta es una solución para la disminución de la cantidad de desperdicio que se genera en la empresa, pero resulta ser muy costosa, debido a que se deben de destinar recursos como: personal operativo, maquinaria, energía eléctrica, etc., el cual tiene un costo muy elevado.

Figura 25. **Pisos armables de poliuretano y termoplásticos reciclados**



Fuente: Eurosuelas S. A., planta de TR y ABS, bodega de producto terminado.

La producción de estos pisos utiliza el 50 % de material reciclado (termoplástico) y el otro 50 % es de material reciclado (poliuretano), como proporción mínima ya que al reducir la cantidad de material termoplástico como aglutinante se pierde la resistencia del piso.

Reproceso de TR Y ABS: estos materiales pueden ser reprocesados, mezclados con materia prima virgen en proporciones adecuadas conservando sus propiedades, se utilizan los procesos de recuperado como en el recuperado de los desechos de producción mostrados en la figura 25.

### **3. SITUACIÓN PROPUESTA**

#### **3.1. Selección de los materiales reutilizables**

Para cualquier empresa resulta ser un gran problema el desperdicio de materiales debido a que esto influye en el costo de operaciones ya que no se aprovecha al 100 % sea cual fuere la razón, es decir por defectos en el material, fallas mecánicas, fallas humanas, etc. Para reducir dicho costo es indispensable seleccionar el material óptimo para la producción de bienes tanto al inicio, en el proceso y al final del proceso de producción, reduciendo las mermas y los descartes de producción.

Luego de seleccionar los materiales óptimos, toda merma y descarte de producción entra en un nuevo proceso de selección para la reutilización. La selección de materiales resulta ser un proceso en el que influyen muchas condiciones, debido a que no se trata de clasificar materiales de alta calidad sino que se trata de obtener algún beneficio de todo aquel residuo que queda después del proceso de producción de un bien.

Los materiales que servirán para la reutilización, reproceso y/o reciclaje suelen ser producto de desperfectos en su forma, textura, especificaciones técnicas y/o especificaciones del cliente y en último caso por preferencias en el color, talla, etc.

La selección de los materiales se basa en aquellos materiales que no entran en los límites de especificación de calidad, tanto en el inicio como al final de la producción de los bienes.

Respecto a la calidad la Norma ISO-9000:2005 define calidad como “el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos” entendiendo requisitos como una necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria (Gutiérrez, 1997, p. 218). Los límites de especificación son referentes a las características y atributos del producto tanto en el proceso como terminados que se deben cumplir teniendo una referencia de comparación ya sea inferior como superior.

Los límites de especificación dan la pauta de comparación en cada medición que determina si el producto en proceso sigue su curso normal y/o existen fallas en el proceso de producción que se salen del rango de tolerancia aceptado y limitado por los límites de especificación.

Estos límites de especificación pueden ser definidos tanto por el cliente y por la organización siguiendo las normas de estandarización. Una parte de la selección del material puede ser determinada mediante la medición de variables de tipo continuos, es decir variables que se aplican para características de calidad de tipo continuo (pesos, volúmenes, longitudes, T<sup>o</sup>, humedad, etc.)

### **3.1.1. Selección de poliuretano y pieles**

El poliuretano es la fase final de la mezcla entre polioli e isosianato más los aditivos que la componen, el poliuretano es la principal materia prima para la producción de la suela para calzado, por lo que al momento de seleccionar la materia prima de buena calidad, las mermas y descartes de producción se estará seleccionando poliuretano.

Una forma de poder separar la materia prima óptima, es mediante la utilización de un histograma. “Un histograma puede reflejar la variación en la característica de tipo continuo, para establecer los productos defectuosos en proceso o terminados y poder reutilizarlos” (Gutiérrez, 1997, p. 154).

#### **3.1.1.1. Histograma y tabla de frecuencia**

“El histograma y la tabla de frecuencia permiten visualizar estos dos aspectos de un conjunto de datos, y además muestran la forma en la que los datos se distribuyen dentro de su rango de variación” (Gutiérrez, 1997, p. 154).

Específicamente, el histograma es una representación gráfica, en forma de barra, de la distribución de un conjunto de datos o una variable, cuyos datos se clasifican por su magnitud en cierto número de grupos o clases, y cada clase se representa por una barra, cuya longitud es proporcional a la cantidad de datos que pertenecen a dicha clase. Usualmente, el eje horizontal está formado por una escala numérica para mostrar la magnitud de los datos y en el eje vertical se representan las frecuencias.

Para la construcción de histograma se utilizará la dureza utilizada en la compañía que se añade como medida de tolerancia máxima y mínima que circula en el mercado, los cuales son: 78 a 90 Shore-D, medida dada por un durómetro que mide la dureza en la escala Shore-D de materiales plásticos empleados en el calzado y plásticos duros en general y cuya escala va de 0 a 100 Shore-D y se mide de forma aleatoria y por experiencia en el proceso una muestra de 110 pares de suelas.

### 3.1.1.2. Construcción de un histograma

Para la construcción del histograma se obtuvieron 110 mediciones de dureza de las suelas. En el proceso de mezcla del polioli e isosianato y sus aditivos, la variación de la dureza de la suela se reflejan en la cantidad proporcional que la maquinaria introduce al molde que le da forma a la suela dichos datos se encuentran en la tabla V y anexo.

Para la construcción de histograma es necesario llevar una secuencia de pasos los cuales mediante la evaluación e integración de datos se logra construir una gráfica para identificar el comportamiento de los mismos.

Paso 1: determinar el rango de datos. El rango es igual a la diferencia entre el dato máximo y el mínimo:  $R=90-78= 12$ .

Paso 2: obtener el número de clase (NC). En general se recomienda que el número de intervalos o clases sea de 5 a 15. Para decidir un valor entre este rango hay varios criterios. Uno de ellos es conocido como la regla de Sturges, señala que el número de clases es igual a  $1 + 3.3\text{Log}_{10}(\text{número de datos})$ . Aplicando la regla de Sturges se obtiene un resultado similar, ya que  $1 + 3.3\text{Log}_{10}(110)= 7.74=8$

Paso 3: establecer la longitud de clase (LC). La longitud de clase se establece de tal manera que el rango puede cubrirse en su totalidad por el número de clases determinado. Así, una forma directa de obtener la LC es dividiendo el rango entre el número de clase:  $LC= R/NC$ .

Sin embargo, en ocasiones resulta más conveniente ampliar un poco el rango para que el histograma tenga una cobertura ligeramente mayor que la observada en la muestra, el ejemplo, el mínimo es 78 y el máximo es 90; de esta manera, al ampliar un poco, el histograma podría ir de 76 a 92.

$$LC = (92-76)/8 = 2$$

Paso 4: construir los intervalos de clase. Los intervalos de clase resultan de dividir el rango (original o ampliado) entre el número de intervalos determinados con la LC. El punto inicial para la primera clase debe ser el dato mínimo del rango ampliado, por lo que se inicia con 76. Para obtener la primera clase se le suma el punto inicial la longitud de clase y así se obtiene el intervalo de la primera clase.

Para obtener el intervalo de la segunda clase, se toma el final de la primera clase como punto inicial para obtener el intervalo de la segunda clase, se toma el final de la primera clase como punto inicial y se le suma la longitud de clase, y así se sigue hasta completar todos los intervalos.

Paso 5: obtener la frecuencia de cada clase. Para obtener la frecuencia se cuentan los datos que caen en cada intervalo de clase. Cuando un dato coincide con el final de una clase y principio de la siguiente, entonces tal dato suele incluirse en la primera.

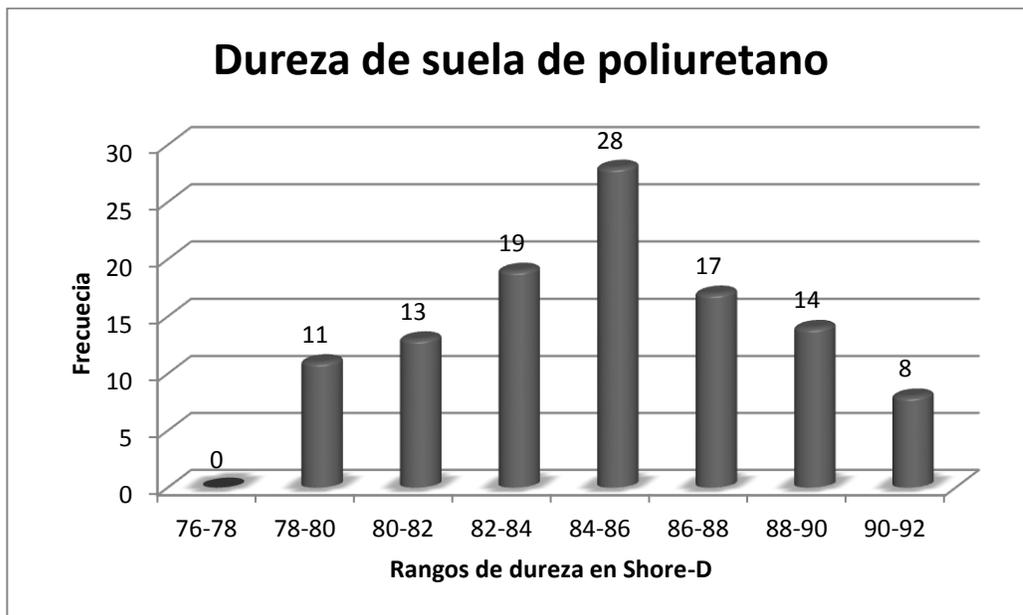
Paso 6: graficar el histograma. Se hace una gráfica (ver tabla V y figura 26) de barras en la que las bases de las barras sean los intervalos de clase y la altura sea las frecuencias de las clases.

Tabla V. **Frecuencia para la dureza de las suelas para dama**

Clase	Intervalo	Marca para conteo	Frecuencia	Frecuencia relativa
1	76-78		0	0
2	78-80		11	11
3	80-82		13	24
4	82-84		19	43
5	84-86		28	71
6	86-88		17	88
7	88-90		14	102
8	90-92		8	110

Fuente: elaboración propia, Microsoft Office Excel 2007.

Figura 26. **Gráfica del comportamiento de la dureza de la suela de poliuretano para dama**



Fuente: elaboración propia Microsoft Office Excel 2007.

La gráfica manifiesta poca variabilidad, esto no quiere decir que el proceso es perfecto ya que solo se está midiendo la dureza de la suela, habría que medir las demás variables de consideración para poder dar un informe más preciso del estado del proceso de producción.

El histograma puede ser realizado si y solo si existen variables de tipo continuo ya que son medidas de comparación entre rangos para la determinación de especificaciones técnicas requeridas en el producto, y para este caso en el proceso de selección del material que se puede reutilizar.

Para el caso del material en el que las mediciones no se pueden aplicar para separar los productos buenos, regulares y malos en el proceso de producción de bienes, se pueden utilizar las variables de tipo cualitativo (atributo), es decir comparar las características de los productos para poder separarlos en diferentes categorías.

El caso anterior es aplicable a las suelas de poliuretano como método de selección de materiales óptimos dejando el resto de materiales que no entran en los límites de tolerancia para reciclaje, reutilización y reproceso.

Además, es importante mencionar que la dureza de las suelas solo es un parámetro de selección de suelas de poliuretano ya que en el proceso de producción de las suelas, la inspección periódica identifica los atributos dejando fuera a una gran cantidad de suelas como descartes los cuales entran en el rango de dureza requerida pero no cumplen con las características de pintura, rugosidad, tamaño, etc., estas suelas de descarte son ideales para recuperarlos.

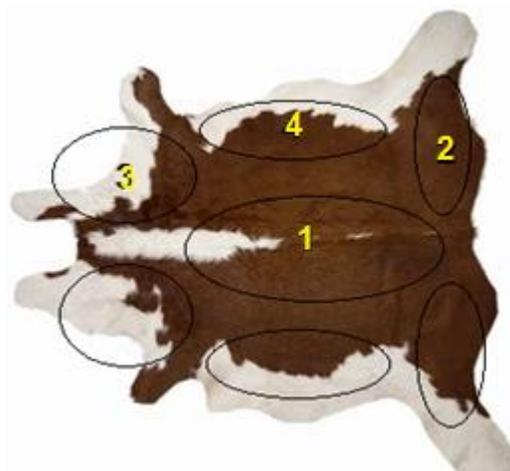
### 3.1.2. Selección de ABS Y TR

Para este caso ambos materiales no necesitan selección ya que se presentan en forma granular casi uniformes con diferentes características. Dichos materiales son procesados mediante la extrusión, y al momento de recuperarlos son reducidos a pequeños granos y no pierden sus características, pudiendo ser reprocesados, los materiales no deben ser mezclados, aunque su apariencia es similar sus características y atributos no son iguales.

### 3.1.3. Selección de piel vacuno

Debido a que la piel vacuna no es una superficie homogénea, es decir los atributos y características en la piel no son iguales en toda su superficie. Se considera de gran importancia el manejo y selección de la superficie para cada pieza del calzado. Por lo que es indispensable seccionar la superficie, separando las mejores áreas para la producción de calzado de mejor calidad, y la superficie de menor calidad se puede utilizar para complementos del calzado.

Figura 27. Piel de res para la elaboración de calzado



Fuente: Eurosuelas S.A. planta ATA, bodega de MP.

Para separar la piel vacuna de mejor calidad se divide en secciones como lo muestra la figura 27, de tal forma que la sección # 1 es la mejor para la parte frontal de un calzado ya que es la piel que ha sido más tensada por la res en vida y al momento de trabajarla no presenta desgarres o arrugas.

Para la sección # 2 y 3 se puede utilizar para las partes laterales del calzado ya que estas secciones son más elásticas que la primera y por lo que es más cómodo para los usuarios. Por último la sección # 4 se debe utilizar para las partes traseras del calzado ya que es la parte más elástica de la piel.

Debido a que al elaborar calzado la piel no se utiliza al 100 % ya que se deben de cortar de forma troquelada las piezas del calzado dejando atrás una gran cantidad de residuos, los cuales son acumulados pudiendo ser reutilizados.

Una vez seleccionada la piel de mejor calidad los residuos que quedan son los utilizados para la reutilización, reproceso y reciclaje según sea el caso y las características que presente la piel.

#### **3.1.4. Selección de materiales sintéticos**

Para las pieles de origen sintético no se seccionan las partes del calzado ya que este material es uniforme en toda su superficie (ver figura 28). Por lo que la cantidad de residuos es menor y el aprovechamiento del material es mayor que en la piel vacuna.

La uniformidad en el material obedece a que el material es fabricado y no se obtiene de animales, esto implica que se puede fabricar los materiales sintéticos con especificaciones necesarias para el máximo aprovechamiento.

Figura 28. **Textura del material sintético imitación piel**



Fuente: Eurosuelas S.A. planta ATA, bodega de MP.

Para este caso no es necesario seleccionar los residuos de los materiales sintéticos ya que todo desperdicio es uniforme y por lo tanto se puede reutilizar, reciclar o reprocesar según sea el caso.

Aunque el principal objetivo es el reciclaje de los materiales, no en todos los casos es posible debido a sus características y comportamientos, ya que estos pueden no llevarse a su estado inicial o ser separados de los aditivos que le dan la forma final. Materiales como aditivos para la reutilización de los desechos y descartes de producción no pueden ser separados del producto final.

### **3.1.5. Selección de otros materiales**

Además del material que se reutilizará, reciclará y reprocesará, es indispensable la utilización de otros materiales que puedan ayudar a una exitosa operación, tal es el caso del cemento que se utilizará para el reciclaje del poliuretano combinado junto con arena y agua para la creación de adoquines de menor peso para uso peatonal.

Los cementos son aglomerantes obtenidos a partir de materiales primas naturales de origen mineral (con o sin aditivos artificiales) que, finalmente molidas y convenientemente amasadas con agua, forman unas pastas que fraguan y endurecen, dando lugar a productos hidratados que son mecánicamente resistentes y estables, tanto al aire como bajo el agua.

Los cementos se emplean principalmente en la fabricación de morteros y hormigones. Ambos compuestos son mezcla de un aglomerante (en este caso el cemento) con áridos y agua. En el caso del mortero solo se emplea arena con árido; en el del hormigón, arena y grava. El cemento también se utiliza solo, mezclado con agua, en multitudes de pequeños trabajos y recuperaciones.

Para el caso de los adoquines, el cemento se utilizara como aglutinante del poliuretano, arena (áridos) y agua. Con el nombre de áridos se designan los productos resultantes de la disgregación de las rocas, que en la construcción, se utilizan esencialmente en la elaboración de morteros y hormigones. “Los áridos naturales son de origen sedimentario; los artificiales proceden del machaqueo de piedra” (Guzmán, 2009, p. 6).

Para el caso de los adoquines de uso peatonal se utiliza un árido, en este caso la arena que es un material natural compuesto de pequeños granos de entre 0,05 y 5 mm de diámetro y cuya composición es predominantemente silícea (de cuarzo), que se acumula en los lechos de los ríos y en las orillas del mar. Se utiliza como árido para la confección de morteros y hormigones, agregándola a la cal o al cemento.

La arena del río es la mejor para la construcción, por su carencia de barro, arcilla o cualquier sustancia impura, así como por no dejar prácticamente huecos entre sí cuando es amontonada.

### **3.1.6. Especificaciones técnicas**

Este manifiesto es con base en la depuración de aquel material que puede dañar la operación requerida, aunque se desea reutilizar todo aquel material desechado, en ocasiones no es posible debido a que no todo desperdicio puede cumplir con características técnicas mínimas para poder reprocesarlo, reciclarlo y reutilizarlo por lo que se mencionan las características que deben de los materiales para un nuevo proceso.

La consideración para los adoquines como propuesta de recuperación de materiales es que al momento de hacer la mezcla entre arena, agua, cemento y poliuretano, es que se debe hacer una pasta espesa para que el poliuretano se adhiera al cemento.

### **3.2. Características y atributos de los material a reciclar**

Aunque lo ideal sería tomar todos los materiales desperdiciados para poder reutilizarlos, esto no es posible ya que como se dijo anteriormente, no todos los desperdicios cuentan con las mismas características, tomando en cuenta que provienen de una misma mezcla, piel o sintético. Tal es el caso del Poliuretano el cual debe de tener las siguientes características y atributos para poder reutilizarlo.

- Tener una dureza de 78 a 90 Shore-D.
- No tener contacto con humedad.
- No tener contacto con cloruro y cloro.
- Debe de estar libre de aditivos externos es decir; pinturas, solventes, pastas, etc. Que puedan influir en el resultado de un nuevo proceso (ver figura 29).

Figura 29. **Aislamiento de los materiales**



Fuente: Eurosuelas S. A., área de corte de suelas para el recuperado de materiales.

- Para el caso del ABS y el TR, las únicas consideraciones deben de ser:
  - No tener contacto con cloros y lubricantes.
  - No tener contacto con agua al momento de procesar.
  
- Para el caso de las pieles.
  - No deben ser mezcladas con los sintéticos.
  - No tener contacto solvente y lubricantes.
  - No tener contacto con ácidos.
  - No tener contacto con cloros.
  
- En el caso de los sintéticos.
  - No deben ser mezcladas con pieles.
  - No tener contacto solvente y lubricantes.

- No mezclar con ácidos.
- No tener contacto con cloros.

### **3.3. Almacenamiento de los materiales**

El almacenamiento de los materiales ya sea materia prima (MP) de buena o mala calidad así como los residuos y descartes de producción, deben ser almacenados de tal forma que su disponibilidad sea con un flujo ininterrumpido, por lo que se debe la utilización de un sistema de inventario denominado PEPS, es el que se adecua mejor a las necesidades y consiste en ordenar la MP en entrar es la primera en salir para su proceso.

Para efectos del buen funcionamiento del método se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones para todo aquel residuo y descarte de producción, además del ordenamiento de los materiales (ver figura 30):

- Suelas de poliuretano: almacenar en recipientes metálicos o plásticos, identificados preferiblemente por un color específico diferente al del ABS y al TR, además de mantenerse en lugares secos y lejos de solventes, líquidos y lubricantes.
- Suelas ABS: almacenar en recipientes metálicos o plásticos, identificados preferiblemente por un color específico diferente al del poliuretano y al TR, además de mantenerse en lugares secos y lejos de solventes, líquidos y lubricantes.
- Suelas TR: almacenar en recipientes metálicos o plásticos, identificados preferiblemente por un color específico diferente al del poliuretano y al ABS, además de mantenerse en lugares secos y lejos de solventes, líquidos y lubricantes.

- Pielés naturales: almacenar en recipientes plásticos, identificados preferiblemente por un color específico diferente al sintético, además de mantenerse en lugares secos y lejos de solventes, líquidos, ácidos y lubricantes.
- Sintéticos: almacenar en recipientes plásticos, identificados preferiblemente por un color específico diferente al sintético, además de mantenerse en lugares secos y lejos de solventes, líquidos, ácidos y lubricantes.

Figura 30. **Almacenamiento de MP virgen, residuos y descartes de producción**



Fuente: Eurosuelas S. A., bodega de MP.

### 3.4. **Cuantificación del material**

Según los registros de la compañía para el primer semestre del 2012, se estima que se desperdicia un aproximado de 991,33 kg (tabla I capítulo 2) de poliuretano mensualmente, tomando en cuenta que para este dato se incluye todo tipo de suela de poliuretano de diferentes peso, volumen, dureza, etc.

Esto quiere decir que se desperdicia aproximadamente una tonelada de poliuretano mensualmente.

- Esta tonelada ocupa un espacio según las dimensiones (0,29 m de radio y 0,89 m de diámetro) en volumen de 1 a 10 aproximadamente, es decir, que una tonelada de material virgen mal procesado y una vez convertido en poliuretano este ocupa un espacio volumétrico de 10 toneles  $2,35 \text{ m}^3$ .
- Para los desechos de TR y el ABS la cantidad haciende aproximadamente a 1/2 tonelada al mes pero este material tiene la ventaja que es reciclado al 100 % por lo que no se toma en consideración ya que no se acumula el desperdicio si no que se reprocesa casi al instante.
- Para las pieles se desperdicia inevitablemente un aproximado de 35 kg de sintético y 5 kg de piel mensualmente con una demanda de 300 pares de zapatos diarios, al momento de incrementar la demanda la cantidad de desperdicio incrementara.

### **3.5. Tratamiento de los desechos y descartes de producción**

Debido a la gran acumulación de desperdicio es indispensable el poder tratar los materiales de tal forma que estos puedan ser reducidos a fracciones más pequeñas, para poder transportarlos y manejarlos fácilmente, y al mismo tiempo de reducir el espacio que ocupan, aprovechado al máximo el espacio con que dispone la compañía, es por ello que se utilizan trituradoras para reducir las suelas a fracciones de poliuretano, TR y ABS más pequeños. El proceso de trituración tiene las siguientes consideraciones:

- Proceso de trituración para suelas de poliuretano, TR y ABS.
  - Una vez transportado el material al área de trituración se debe separara en las siguientes divisiones: ABS, TR y poliuretano.
  - Separado cada material se corta a la mitad cada suela (ver figura 31) según sea su división, esto es debido a que dentro de cada suela defectuosa se encuentra el cambrayón que normalmente es metálico pero en algunas ocasiones es de madera, sea cual fuera el caso este cambrayón puede dañar las cuchillas de la trituradora.

Figura 31. **Corte de suela de poliuretano para la extracción de cambrayón**



Fuente: Fuente: Eurosuelas S. A., área de corte de suelas para el recuperado de materiales.

- Una vez cortada la suela y libre de materiales que puedan dañar a la trituradora estos son introducidos junto con las mermas de producción al triturador.

Figura 32. **Molino para trituración de poliuretano**



Fuente: Eurosuelas S. A., área de triturado, molino de 1 hp.

- Luego de triturar la suela junto con la merma este es depositado en un recipiente metálico o plástico ver figura 33 para reducir el volumen de todas las suelas trituradas, utilizado el método PEPS son ordenados los contenedores para la utilización del grano.

Figura 33. **Deposito del grano de poliuretano en contenedor**



Fuente: Eurosuelas S. A., área de triturado, recipiente de almacenaje reciclado.

Con respecto a los materiales del calzado actualmente no se le da un tratamiento y estos son desechados sin obtener algún beneficio o reprocesarlos y en último caso reciclarlos, por lo que se propone el siguiente tratamiento para tener materia prima para reutilizarlos.

El tratamiento de pieles y sintéticos, consiste en obtener pequeños granos que puedan ser utilizados como base para moldear alguna plantilla utilizando adhesivos, o en otro caso obtener granos de piel que sirvan en combinación con tierra para abono o base para masetas o decoraciones. En base a estas ideas se debe seguir el siguiente procedimiento como tratamiento de pieles y sintéticos.

- Separar la piel de los materiales sintéticos.
- Verificar que tanto la piel como los sintéticos no tengan adhesivos, ácidos, aceites, etc.
- Triturar las mermas.
- Almacenarlos en un recipiente plástico según las consideraciones del almacenamiento utilizando el método PEPS.

### **3.6. Análisis de la calidad de los materiales**

Aunque es indispensable obtener materiales de calidad, para el reproceso de poliuretano se debe contemplar que todo desecho y descarte de producción es de menor calidad pero que se pueden reutilizar reprocesándolos con material virgen.

Ya sea para reprocesar o reciclar los materiales tanto el TR como el ABS, no tienen el problema de cumplir con los estándares, ya que estos pueden ser reutilizados sin que se pierdan tanto sus características como atributos.

Para las pieles y sintéticos la situación cambia, ya que la calidad del residuo no puede ser medida, por lo que no se considera de relevancia la calidad de estos materiales, aunque es indispensable tener en cuenta que estos productos no se deben mezclar para un nuevo reproceso.

### **3.6.1. Selección del material**

Para la selección del material la compañía divide el total de toda la merma y descarte de producción en porcentaje. La capacidad de la compañía, segmenta los desechos y descartes para diferentes fines, siendo los siguientes:

- El 30 % de material tratado (poliuretano triturado) servirá para reproceso en un reactor (horno de fundición).
- El 50 % del total del material tratado se utilizara para la fusión entre poliuretano y termoplástico utilizando también un 50 % del material triturado para la producción de pisos armables.
- El último 20 % de poliuretano se utilizara para la creación de adoquines de cemento, arena y poliuretano triturado como un nuevo proyecto.
- El último 50 % de material tratado termoplástico se utilizara en conjunto con material virgen para el reproceso de suelas.
- El 100 % del material tratado de ABS se reprocesará como material de segunda para la producción de suelas.

### **3.7. Establecimiento de la funcionalidad**

Lamentablemente no todos los materiales se pueden reutilizar, reprocesar y reciclar, teniendo que establece la división de los materiales para que estos puedan tener otro uso después de haber sido descartados del proceso de producción original.

Los materiales como la piel y los sintéticos que sirven para la producción de calzado, no funcionan de la misma forma, debido a sus diferentes características. La variación de las características en los materiales dificulta el tratamiento y reutilización, teniendo que dividirlos según su propósito.

### **3.7.1. Reproceso**

El reproceso de materiales obedece a la obtención de materia prima utilizando aquella MP ya utilizada, para la producción de bienes, el alto costo de reproducción impide el 100 % de reproceso de materiales, ya que se debe tomar en cuenta el costo de producción inicial más el costo de reproceso por lo que se reprocesa en porcentajes diferentes según sea la necesidad para ahorrar y no desperdiciar materia prima.

Actualmente la compañía reprocesa porcentajes diferentes para cada material utilizado, esto respecto a la producción de suelas. Ya que no cuenta con un plan para el reproceso de pieles y sintéticos. El reproceso de los materiales está dividido en la organización en porcentajes diferentes, siendo los siguientes; para el poliuretano (el 30 % del total de desperdicio), el TR (el 50 % del total de desperdicio), el ABS (100 % del total de desperdicio).

### **3.7.2. Reutilización**

Tanto el termoplástico y el poliuretano son reutilizables cada vez que se quiera solo en caso de producción de pisos armables, por lo que es más factible utilizar los granos como materia prima para la producción de pisos armables. Los porcentajes de materiales que utiliza la compañía para la producción de pisos son: poliuretano (el 50 % del total de desperdicios) y del TR (el 50 % del total de desperdicio), destinados a la producción de pisos armables.

### **3.7.3. Reciclaje**

En la compañía se destina porcentajes diferentes para el reciclaje de los materiales para varias actividades, debido a que la cantidad de desperdicios y descartes de producción son diferentes cada mes, siendo los siguientes: poliuretano (el 20 % del total de desperdicios) para la producción de adoquines de uso liviano como nueva propuesta de prueba de recuperado de materiales .

Aunque el objetivo es el máximo aprovechamiento de la materia prima sin dañar el medio ambiente el reciclaje de los materiales resulta ser en ocasiones más costoso que la obtención de materia prima virgen. Pero si se toma en cuenta que el reciclaje es la obtención de un beneficio de algo ya no sirve, se pueden obtener beneficios sociales, económicos y ambientales.

Otra propuesta que aun no se implementa en la compañía pero que se encuentra en la etapa de pruebas es el reciclar del cuero (el 100 % del total de desperdicios) para la producción de plantillas de calzado y como base para abono biodegradable, y por último los materiales sintético (el 100 % del total de desperdicios) para la producción de plantillas.

Tanto el reproceso, la reutilización y el reciclaje de estos materiales conllevan nuevas operaciones para cualquiera que en sus posibilidades desea realizarlo, por lo que se considera apropiado el uso de herramientas tales como:

- Medición del trabajo: el cual trata de “estandarizar el tiempo óptimo necesario para la producción de algún bien” (García Criollo, 2000, p. 177), para este caso el establecimiento del tiempo óptimo para la producción de nuevos productos partiendo del aprovechamiento de los desechos y descartes de producción el cual puede ser a través de.

- Estudio de tiempo: “el estudio de tiempo utilizar la herramienta (cronometro) que medirá el tiempo promedio que será el punto de partida para establecer el tiempo estándar necesario para la producción de un bien tomando las consideraciones correspondientes” (García Criollo, 2000, p. 185).
- Diagrama de flujo de proceso: el diagrama representará una secuencia gráfica de las operaciones realizadas para el nuevo proceso de producción, reciclado, reutilización y/o reproceso de los materiales antes mencionados, que facilita la inspección de las operaciones.
- Diagrama de recorrido: teniendo el nuevo proceso el diagrama de recorrido presenta un panorama gráfico de la posición de los puestos de trabajo, maquinaria y la secuencia de las operaciones.

Para el desarrollo de las operaciones relacionadas a la recuperación de materiales, es indispensable la evaluación de datos para la obtención de tiempos estándares que puedan complementar los diagramas de flujos de procesos. Obteniendo la secuencia lógica y ordenada de operaciones con sus tiempos se puede extraer la información para realizar los diagramas de recorrido.

### **3.8. Toma de datos**

La obtención de datos es una operación muy importante ya que de ella depende el establecimiento de los parámetros de comparación, seleccionando el siguiente método para el estudio de tiempo.

Método continuo de lectura de cronómetro: cuando se emplea este método, una vez que el reloj se pone en marcha permanece en funcionamiento durante todo el estudio. Las lecturas se hacen de manera progresiva y solo se detendrá una vez que el estudio haya concluido. “El tiempo para cada elemento se obtendrá restando la lectura anterior de la lectura inmediata siguiente” (García Criollo, 2000, p. 185).

Tabla VI. **Tiempos cronometrados para la producción de pisos armables de TR y poliuretano de 1,84 lb**

No.	Elemento	Tiempo promedio	Distancia
1	Acumulación de residuos y descartes de producción.	0,5min.	
2	Traslado al área de trituración	2min.	30mts.
3	Extracción del cambrayón	0,58min.	
4	Corte de suela y residuos	1min.	
5	Trituración de suela y residuos	1,5min.	
6	Extracción de molido	1min.	
7	Traslado de molido a planta de TR	1,5min.	25mts.
8	Mezcla de molido de TR y poliuretano	1min.	
9	Carga de material a la maquina extrusora	1,5min.	
10	Extrusión de material al molde	0,5min.	
11	Extracción e inspección visual del piso armable del molde	0,5min.	
12	Secado de piso	0,75min.	
13	Inspección visual del piso	0,5min.	
14	Empaque de piso.	1min.	

Fuente: elaboración propia, con base a Microsoft Office Excel 2007.

Es indispensable mencionar que el reproceso de poliuretano utiliza un reactor que calienta el material para poder fundirlo y mezclarlo con material virgen para poder realizar suelas. Además el reactor solo puede procesar 250 a 300 kilogramos de material, pero este proceso es muy lento y es necesario el constante control de la temperatura y estado del material.

Tabla VII. **Tiempos cronometrados para el reproceso de poliuretano con el reactor de fusión**

No.	Elemento	Tiempo promedio.	Distancia
1	Acumulación de residuos y descartes de producción	20min.	
2	Traslado al área de trituración	5min.	30mts.
3	Extracción del cambrayón	15min.	
4	Corte de suela y residuos	15,5min.	
5	Trituración de suela y residuos	15,5min.	
6	Extracción de molido	3min.	
7	Traslado de molido a reactor	2min.	2mts.
8	Carga de Polioliol virgen, aceites, resinas y molido a reactor	10min.	
9	Mezcla de de Materiales	15min.	
10	Fundición a punto de fusión 250kg	720min.	
11	Inspección visual de material	1min.	
12	Extracción de material fundido	15min.	
13	Traslado de material a proceso de producción de suelas	5min.	30mts.

Fuente: elaboración propia, con base a Microsoft Office Excel 2007.

Por otra parte la producción de adoquines se realiza utilizando un molde con la capacidad de 8 adoquines con una cantidad e 3,6 lb de poliuretano triturado, al momento de realizar los adoquines estos salen en corridas de 8 unidades por cada molde.

Tabla VIII. **Tiempos cronometrados para creación de adoquines para uso liviano**

No.	Elemento	Tiempo promedio	Distancia
1	Acumulación de residuos y descartes de producción	1,1min.	
2	Traslado al área de trituración	1min.	30mts.
3	Extracción del cambrayón	1,15min.	
4	Corte de suela y residuos	1,5min.	
5	Trituración de suela y residuos	1,65min.	
6	Extracción de molido	1,55min.	
7	Traslado de molido al área de concreto	2min.	50mts.
8	Preparación de mezcla de cemento, arena, agua y molido	30min.	
9	Preparación de molde de adoquín	2min.	
10	Introducción de mezcla al adoquín	1min.	
11	Secado de adoquín	1 440min.	
12	Extracción del molde para liberar el adoquín	2min.	

Fuente: elaboración propia, con base a Microsoft Office Excel 2007.

### 3.9. Selección de la funcionalidad del material óptimo

La funcionalidad de los materiales da la pauta de poder ser reciclados, reprocesados y reutilizados, aunque en algunos casos esto no se puede realizar al 100 %. Se selecciona la funcionalidad de los materiales para los siguientes productos.

- Poliuretano: reutilización para piso armable en conjunto con TR molido, reproceso con material virgen para producción de suelas y por último reciclaje de material molido para la elaboración de adoquines.

- TR: reutilización para piso armable en conjunto con poliuretano molido, reproceso de material molido para suela TR.
- ABS: reciclaje al 100 % para la producción de suelas en conjunto con MP virgen como suela de primera o segunda.
- Pieles naturales: reciclaje del 100 % siendo molido para utilización de abono natural, base para masetas o para plantillas de calzado como, nueva medida de reciclaje a experimentar.
- Sintéticos: reciclaje del 100 % siendo molidos y en conjunto con aditivos para la elaboración de plantillas sintéticas para calzado, como nueva medida de reciclaje a experimentar.

### **3.10. Selección de los equipos necesarios**

Debido a que el tratamiento de los materiales necesita de maquinaria previo al proceso de recuperado o de proceso de producción para la elaboración de productos, se hace mención de algunas de sus características fundamentales:

- Molino Mecanofar MF 650 para trituración de PU, ABS y TR. Con las siguientes características.
  - Conexión 480/240 V.
  - Potencia 2 hp.
  - Absorbe según materia aproximadamente 1500 (KG)/hora.
  - Transmisión a través de 8 correas trapezoidales MOD. C.
  - Eje de tres cortes, cinco cortes o cortes alternos.
  - Cuchillas fijas en sus laterales.
  - Rejilla basculante (fácil extracción), puede ser hidráulica o manual.
  - Tolva para la recogida de granza con husillo sin-fin.

Figura 34. **Molino para PU, ABS y TR**



Fuente: Eurosuelas S. A., área de triturado, molino de triturado de suelas y mermas.

Es necesario mencionar que para los materiales (TR, ABS o PU) se utiliza 1 molino para cada uno, ya que no se deben mezclar y deben estar separados.

- Reactor PU Machinery GDE para reproceso de poliuretano con las siguientes características:
  - Conexión 480 voltios.
  - Potencia 48 kwatts.
  - Capacidad 300 kg.

Figura 35. **Reactor para el reproceso de poliuretano**



Fuente: Eurosuelas S. A., área de recuperado, reactor Machinery GDE.

- Maquina rotativa Main Group-simplexs16 para extrusión de TR con las siguientes características:
  - Volumen de inyección 1000-1300 cm<sup>3</sup>.
  - Velocidad de inyección 300-350 cm<sup>3</sup>/seg.
  - Conexión 380-480 voltios CA.
  - Consumo medio de energía 15 kw/h.
  - Presión 550-420 bar

Figura 36. **Extrusor de TR**



Fuente: Eurosuelas S. A., planta de TR y ABS, área TR, extrusor Main Group-simplex16.

- Extrusor de suelas Jasot IJ-600-150 para extrusión de suela ABS, con las siguientes características:
  - Conexión 480 V.
  - Velocidad de inyección 115-197 cm<sup>3</sup>/seg.
  - Presión 1450-840 bar.
  - Potencia 27.2 kw.

Figura 37. **Extrusor de ABS**



Fuente: Eurosuelas S. A., planta de TR y ABS, área ABS, extrusor JASOT.



## **4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA**

### **4.1. Diseño del sistema de reciclaje y reutilización**

“Reciclar es un proceso que puede ayudar a resolver muchos de los problemas creados por nuestra forma de vida” (Mejicano, 2009, p. 9). El mecanismo por el que se diseña un sistema es un proceso complejo que implica el conocimiento de las características mecánicas, física, procesos de transformación, etc. La principal tarea del diseñador es traducir una serie de requerimientos e ideas previas.

Para conseguirlo de forma optimizada se debe hacer uso de la experiencia, conocimientos y de una metodología de diseño adecuada. “El objetivo es poner de manifiesto los pasos a seguir para poder elaborar piezas útiles de materiales reciclados, reprocesados y/o reutilizados” (Mejicano, 2009, p. 9). El diseño se basa en el establecimiento de nuevas operaciones que involucran a los materiales desperdiciados para nuevos productos y/o subproductos, es decir se trata de obtener nuevos procesos que involucren operaciones ya conocidas utilizando al máximo los recursos disponibles.

Por ser los materiales recuperados, estos le dan vida a nuevos productos con procesos ya definidos complementada con nuevas operaciones, teniendo en cuenta que para el diseño de los nuevos productos se utiliza la selección del proceso según la característica y flujo de operaciones.

Existen tres tipos de flujo de producto: en línea, por lote y por proyecto. En manufactura, el flujo de productos es el mismo que el flujo de materiales, puesto que estos se convierten en productos. El flujo en línea se caracteriza por una secuencia lineal de operaciones, el flujo por lote se caracteriza por la producción del producto en lote, es decir producir cantidades menores con características propias de cada producto, y por último los proyectos son operaciones que se hacen cuando el producto es único o implica un proceso creativo.

Al implementar los nuevos procesos de producción y reproceso de materiales, los sistemas no obedecen a la misma secuencia de operaciones, lo que implica la utilización de los diferentes tipos de flujo de producto.

- Para producción de pisos armables: se utilizara el flujo de producto en línea, debido a que los materiales se mueven de una etapa a la siguiente de manera secuencial y de principio a fin. Además de la utilización de equipo especializado para moldear cada piso.
- Para la producción de adoquines de uso peatonal: se utilizará el flujo de producto por lote, por la flexibilidad en las dimensiones de cada adoquine y diseño superficial presenta un producto flexible a cambios, utilizando equipo para uso general que no está especializado en la fabricación de un solo producto.
- Para el reproceso de poliuretano: se utilizará el flujo de producto por lote, por el tiempo relativamente alto de la fusión del material recuperado con el virgen, en el reactor.

Cada proceso de producción y reproceso necesita de áreas de producción y almacenamiento de materiales mediante un sistema de control de inventarios previo a la elaboración de productos.

#### **4.1.1. Establecimiento de las áreas de producción**

El área de producción, también llamada área o Departamento de Operaciones, Manufactura o de Ingeniería, es aquel negocio que tiene como función principal, la transformación de insumos o recursos (energía, materia prima, mano de obra, capital, información) en productos finales (bienes o servicios).

Con el establecimiento de las áreas de producción, se busca que el entorno, las herramientas y el equipo de trabajo se ubiquen ordena y secuencialmente y de esta forma contribuyan a una mayor producción y eficiencia.

“El lugar de trabajo debe diseñarse de modo que sea ajustable a una variedad amplia de individuos” (Castillo, 2005, p. 9). Las decisiones que se toman en las áreas de producción están relacionadas con los siguientes aspectos:

- Proceso
- Capacidad
- Inventarios
- Fuerza de trabajo
- Calidad
- Seguridad

Estos aspectos deben ser tomados para el establecimiento de las áreas de producción, debido a que el reciclaje, reproceso y reutilización de los materiales utiliza operaciones ya conocidas, es indispensable verificar periódicamente que los aspectos antes vistos cumplan con las expectativas.

La implementación del nuevo sistema para la selección de las áreas de producción tiene como prioridad el flujo ininterrumpido de las operaciones, sin descartar los aspectos anteriores para lo cual se estipula el siguiente diagrama de recorrido.

El diagrama de recorrido: “el diagrama de recorrido es una representación gráfica de la distribución de la planta en la que se muestra la localización de las actividades del diagrama de flujo” (Castillo, 2005, p. 11). Por lo que se utilizan símbolos para la designación de operaciones, transportes, etc. Que simplifican el orden del proceso de producción.

Si se hacen nuevas disposiciones o se cambian las ya existentes en las estaciones de trabajo, se analiza mediante las siguientes recomendaciones: mantener los servicios de planta, como el sistema eléctrico y el de ventilación principalmente, mantener la flexibilidad en relación con el equipo de manejo de material y mantener todas las instalaciones fijas.

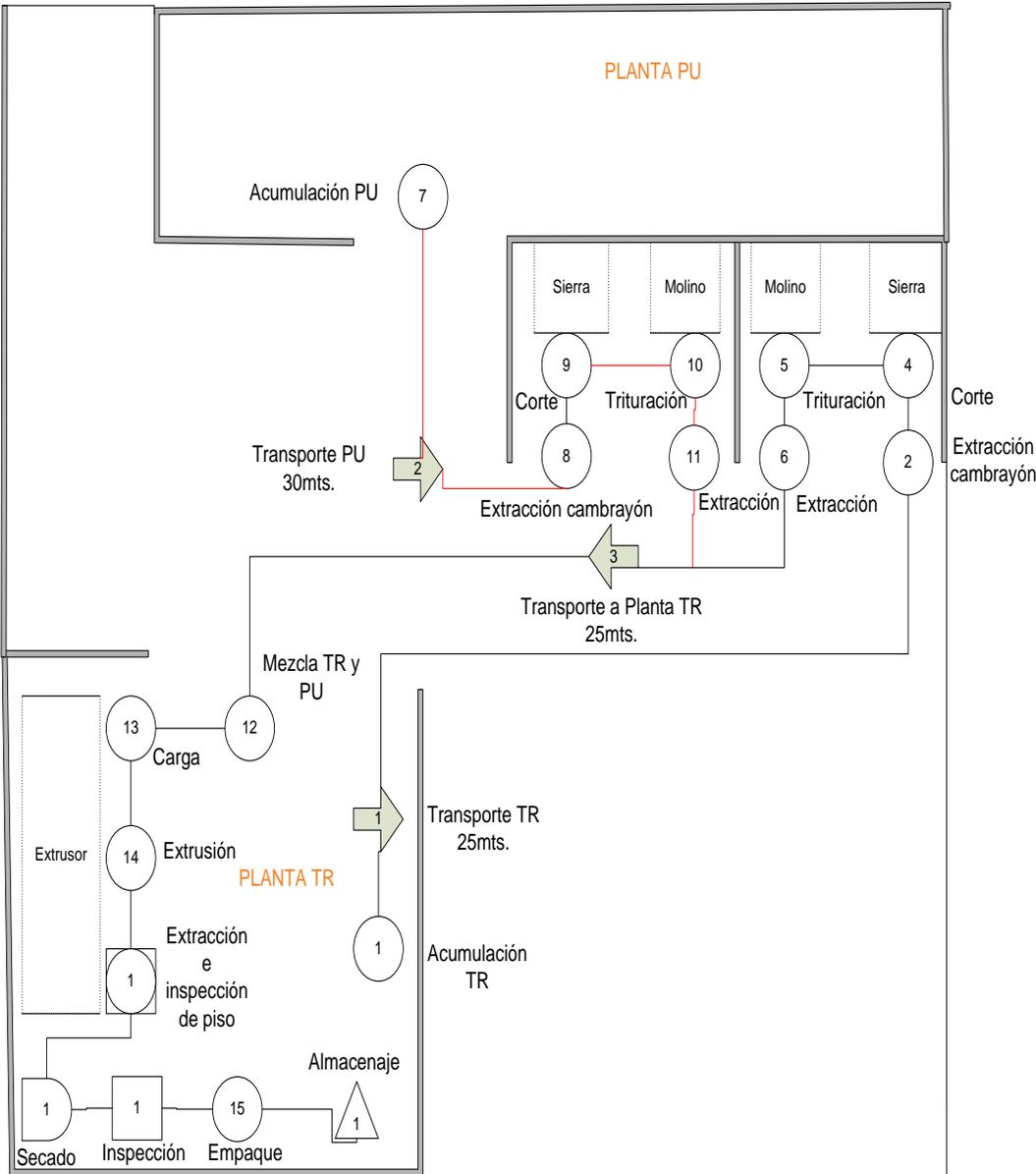
Las áreas de almacenamiento deberían ser localizadas en aquellos sectores donde se han contemplado cambios o pueden ocurrir en cierto tiempo, de manera que estas sean las menos costosas de alterar.

Un ejemplo de la selección de las áreas de producción se contempla en el siguiente diagrama de recorrido actual de la compañía (ver figura 38), debido a que se comparten operación y estaciones de trabajo en el recuperado de materiales específicamente en la elaboración de pisos armables. Esto no significa que la distribución del proceso sea la definitiva, ya que se contemplan cambios en el futuro que reduzcan las distancias y mejoren las condiciones de los puestos de trabajo.

Figura 38. Diagrama de recorrido de piso armable de poliuretano y TR

Empresa: EUROSUELAS S.A.  
 Departamento: Producción  
 Realizado por: Rafael García  
 Producto: Piso armable de poliuretano y TR.

Hoja: 1 de 1  
 Fecha: Marzo 2013  
 Método: Actual  
 Inicio: Planta TR y PU, Finaliza: BPT



Fuente: elaboración propia, con base a Microsoft Office Visio 2007.

Para los procesos de producción del material ya sea para la elaboración de adoquines o para el reproceso de poliuretano, utiliza el mismo recorrido del tratamiento de materiales, es decir hasta la operación número 11, a partir de ese punto el material tratado sale del área para el reproceso como MP para la elaboración de suelas de poliuretano o como MP para la elaboración de adoquines de uso liviano.

#### **4.1.2. Selección de las áreas de producción**

Analizando las consideraciones anteriores, la seleccionan las áreas de producción toma en cuenta que los procesos de producción de suelas comparten estaciones de trabajo con las de recuperado de materiales. Se establece que las áreas de producción para el reproceso y reciclaje de materiales para la elaboración de suelas y pisos armables son las mismas establecidas en el diagrama de recorrido anterior (figura 38), tomando en cuenta las siguientes consideraciones.

- Para el tratamiento del poliuretano, ABS y TR se establece concentrar los molinos en la parte externa de las plantas productoras de suela y calzado para que no interrumpan con las operaciones y no se acumulen mermas y descartes de producción en la planta.
- Para el reproceso del poliuretano se establece que el reactor debe estar cerca de material a reprocesar el cual puede ser cerca de los molinos para que su traslado sea el más corto y se evite el derrame el molido así como el material virgen que se le agregará para poder ser reprocesado para la producción de nuevas suelas.
- Cualquier otra operación fuera del proceso de producción de suelas, debe de realizarse en otro espacio distinto, para no interferir en la secuencia ordenada de producción de suelas.

- Una vez se obtiene el material recuperado, no se debe mezclar con material virgen ya sea para la producción de pisos armables, suelas ABS, suelas TR y suelas de poliuretano, según sea el caso, ya que esto podría interferir en el proceso normal de material virgen para la producción de suelas.

#### **4.1.3. Recaudación de materiales reutilizables**

La recaudación de los materiales se obtiene de todas las plantas productoras, y deben ser acumulados en el área de tratamiento, es decir en el área de trituración para que estos sean reducidos a pequeños granos, al mismo tiempo de reducir el volumen que ocupan las mermas y los descartes de producción. Los materiales deberán ser recaudados en base a los siguientes lineamientos:

- Cada planta debe contar con bolsas plásticas resistentes para el traslado de los materiales.
- Se debe recaudar el material siguiendo el tipo de color de la suela, es decir separar en recipientes diferentes los descartes y mermas de diferente color.
- Asimismo, no se deben confundir los materiales al momento de transportarse a las áreas de trituración, ya que la mezcla de estos materiales podría dar como resultado fallas en el sistema de reproceso, además de alterar la proporción de pisos y obtener aglutinados de poca resistencia u obtener excesos de TR o poliuretano.
- Respecto a las pieles y sintéticos, estos deben de recolectarse sin confundir los materiales ya que la mezcla de estos pueden influir en el éxito de la recuperación de los materiales.

#### **4.1.4. Almacenamiento**

El almacenamiento de los materiales recuperados previo a las consideraciones vistas en el capítulo 3 inciso 3.3., que debe utilizar el método propuesto para que la materia prima no se acumule demasiado tiempo, el cual puede provocar daños o inconsistencias al momento de ser procesados, por lo que se describe el método PEPS para control de inventarios, y para este caso el control de inventarios para materiales recuperados y MP virgen.

Método Primero en Entrar, Primero en Salir: este método identificado también como "PEPS", "se basa en el supuesto de que los primeros artículos y/o materias primas en entrar en la bodega es el primero en salir para la producción" (Cartagena y Menjivar, 2005, p. 10).

Se ha considerado conveniente este método porque da lugar a una evaluación del inventario concordante con la tendencia de los precios; puesto que se presume que el inventario está integrado por las compras más recientes y esta valorizado a los costos también más recientes, la valorización sigue entonces la tendencia del mercado, aunque esto se aplica a la materia prima virgen, también se puede aplicar para el almacenamiento de las mermas y descartes de producción que luego serán reciclados, reprocesados o reutilizados.

El método ayudará a mantener el control de las cantidades que salen defectuosos por cualquier error, obteniendo indicios de ¿Cuál podría ser el problema? Ya sea por errores humanos, técnicos o por mal procedimiento (véase figura 39).

Figura 39. **Formato para el método PEPS**

CONTROL DE EXISTENCIAS				Artículo:		Suela para dama color blanco, tacón de 10 cm			
Ubicación:		Corte y extracción de cambrayón.				Mínimo:		Máximo:	
						1		1000	
Proveedor:		EUROSUELAS S. A.				Material:		Poliuretano	
Fecha	Comprobante	Cantidad por día (pares)			Costo de producción por par (Q)		Monto total (Q)		
		Entra	Sale	Existencia inicial	Entrada	Salida	Debe	Haber	Saldo
mar-14				20	25		500	0	500
28-feb	S/C			20	25		500	0	500
05-mar	S/C	10		30	25		750		750
16-mar	S/C	20		30	25		1 250	0	1 250
18-mar	S/C		50	50		25	0	<b>1 250</b>	0
23-mar	S/C	10		0	25		250	0	250
27-mar	S/C	5		10	26		380	0	380

Fuente: elaboración propia, con base a Microsoft Office Excel 2007.

Este es un ejemplo del método PEPS aplicado a los descartes de producción de un tipo de suela, donde el costo de la MP desperdiciada es la columna del haber. Para obtener el costo mensual de MP mal procesada es necesario tabular cada tipo de suela e integra los costos.

#### 4.1.5. Tratamiento de los materiales

El tratamiento de los materiales obedece al proceso que se debe seguir para lograr recuperar de forma adecuada los materiales, que son resultado de desperfectos en el proceso original de producción de bienes, para luego obtener nuevos procesos utilizando al máximo los recursos y determinando la capacidad a través de la medición del trabajo.

Medición del trabajo es un método investigativo basado en la aplicación de diversas técnicas para determinar el contenido de una tarea definida fijando el tiempo que un trabajador calificado invierte en llevarla a cabo con arreglo a una norma de rendimiento preestablecida.

“Dos son los objetivos que se pueden satisfacer con la medición: incrementar la eficiencia del trabajo, proporcionar estándares de tiempo que servirán de información a otros sistemas de la empresa, como el de costos de programación de la producción y de supervisión entre otros” (García Criollo, 2000, p. 178). Para la medición del trabajo se emplearan diversas técnicas, en las cuales se analizarán las características de los operarios tales como la medición de:

- Habilidad
- Esfuerzo
- Condiciones de trabajo
- Velocidad de los movimientos
- Selección de la operación

Para iniciar un estudio de tiempos en una línea de producción, es necesario determinar qué operación se va a medir. En primer lugar la decisión de elegir una operación depende del objetivo general que se persigue con el estudio de medición. No obstante se puede emplear los siguientes criterios para hacer la elección:

- El orden de las operaciones según se presenten en el proceso.
- La posibilidad de ahorro que se espera en la operación, en relación con el costo anual de la operación que se estudia.

Mediante el primer criterio, las operaciones seleccionadas son las que se obtuvieron del proceso de producción de pisos armables, elaboración de adoquines y reproceso de poliuretano como implementación de sistemas de recuperación de materiales. Cuyo fin es establecer un estándar de tiempo de procesos que sirva de comparación para evaluación de mejoras posteriores.

Establecidas las operaciones se procede a la selección del trabajador, cuando se debe elegir al operador es necesario considerar los siguientes aspectos:

- Habilidad. Elegir a un trabajador o grupo de trabajadores con habilidad promedio.
- Deseo de cooperar. Nunca seleccionar a un trabajador que se opone a la realización del estudio.
- Temperamento. No debe elegirse a un trabajador nervioso.
- Experiencia. Es preferible elegir a un trabajador con experiencia.

La selección de las operaciones implica elegir a los trabajadores u operarios que realizan la mayoría de veces las mismas operaciones, en tal caso se realiza la medición del tiempo cuando los operarios están operando a plena carga.

La actitud frente al trabajador debe tener varias consideraciones, con el objetivo de no interferir en disponibilidad del trabajador para colaborar con el estudio, además de influir en desempeño y habilidad por ser evaluado.

- El estudio nunca debe hacerse en secreto.
- El analista debe observar las políticas de la empresa y cuidar de no criticarlas ante el trabajador.

- No debe discutir con el trabajador ni criticar su trabajo sino pedir su colaboración.

La medición del tiempo se realizó cuando los trabajadores operaban la maquinaria, solicitando el permiso correspondiente al jefe de la planta, con pleno consentimiento de los mismos operarios. Se solicitó al jefe de planta que explicará a fondo las operaciones y la experiencia que los operarios tienen al fabricar, si no se tiene la adecuada experiencia por el estado de la maquinaria se obtiene un producto de baja calidad.

Se utilizó el estudio de tiempos con cronómetro visto en el capítulo 3 inciso 3.8 para la obtención de datos. Teniendo en cuenta que existen diversas técnicas para llevar a cabo dicho estudio, el cual determina con la mayor exactitud posible, los datos a trabajar en base a un número limitado de observaciones, analizando cada uno de los elementos que componen la operación o tarea y posteriormente el proceso final del producto. Para el estudio de los tiempos, se siguen los siguientes pasos fundamentales:

- Preparación: se selecciona el proceso principal de la fabricación, tomando a los trabajadores más hábiles, de la planta industrial, los cual tiene más años de experiencia en dicho trabajo.
- Ejecución: se obtuvieron diferentes datos del análisis de cada uno de los elementos en que se divide el proceso, en los cuales se llevaron a cabo 10 tomas de datos por cada elemento, pero dichos datos se tomaron de forma continua con el cronómetro.
- Valoración: el ritmo normal de trabajador promedio, se determinará posteriormente ya que se seleccionaron a los trabajadores con mayor habilidad dentro de la fabricación; determinando la calificación de la actuación en el desempeño de dicho trabajo.

- Suplementos: se analizaron las demoras que surgieron en el proceso de fabricación, el estudio de la fatiga que presentaron los empleados, y posteriormente se calcularon los suplementos y sus tolerancias respectivas.
- Tiempo estándar: de acuerdo a las características descritas anteriormente y siguiendo el orden de los pasos ya mencionados se obtuvo un tiempo estándar de fabricación, tomando en cuenta las diferentes normas que ello implica.

Los tiempos y operaciones evaluados son aquellas obtenidas en la toma de datos del capítulo 3 inciso 3.8 el cual servirá para la valoración y calificación del trabajo, para la obtención de los tiempos estándar de cada proceso de producción como implementación del sistema de recuperación de materiales.

Puede existir variación en la calificación de cada operación y para cada proceso de producción, esto es debido a que cada evaluador tiene su propio criterio sobre la actuación de los trabajadores. Pero no implica que estos se encuentren mal valorados.

En el entendido de la variación de las ponderaciones se contempla un método de producción calificado (producción de pisos armables), como ejemplo de la medición del trabajo. Y para los demás procesos de producción se califican de igual forma pero solo se consideran relevantes las tablas finales.

Tabla IX. **Valoración del trabajo según método de Westinghouse y la calificación objetiva (piso armable)**

No.	Elemento	Método Utilizado	Letra de referencia	Val.	Agregar	Val. Total
1	Acumulación de residuos y descartes de producción	Westinghouse	C2-D-A-C	10 %	1	1,1
2	Traslado al área de trituración	Calificación Objetiva	D-F-H-J-O-W	10 %	1	1,1
3	Extracción del cambrayón	Westinghouse	B2-D-C-B	11 %	1	1,11
4	Corte de suela y residuos	Westinghouse	A2-C2-E-E	10 %	1	1,1
5	Trituración de suela y residuos	Trabajo de maquina			1	1
6	Extracción de molido	Calificación Objetiva	E-F-H2-J-O-W	33 %	1	1,33
7	Traslado de molido a planta de TR	Calificación Objetiva	D-F-H-J-O-W	10 %	1	1,1
8	Mezcla de molido de TR y poliuretano	Westinghouse	C2-D-A-C	10 %	1	1,1
9	Carga de material a la maquina extrusora	Calificación Objetiva	D-F-H-K-P-W	14 %	1	1,14
10	Extrusión de material al molde	Trabajo de máquina			1	1
11	Extracción e inspección visual del piso armable del molde	Westinghouse	B2-E1-B-C	9 %	1	1,09
12	Secado de piso	Trabajo de máquina			1	1
13	Inspección visual del piso	Westinghouse	B1-C2-A-D	23 %	1	1,23
14	Empaque de piso	Westinghouse	B1-C2-A-D	10 %	1	1,1

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio de tiempos*. p. 213, 214 y 221.

El trabajador cuando ejecuta las operaciones está sujeto condiciones que afectan su rendimiento según las operaciones que realiza, se hace imprescindible el ajuste mediante la asignación de tolerancias para las actividades los cuales varían según su característica.

La determinación de los diferentes valores de las tolerancias de suplementos para el tiempo estándar, se establece para cada operación obtenida mediante la siguiente valoración.

Tabla X. **Suplementos concedidos para operaciones dentro de la planta de producción (piso armable)**

Hombre	%	Observaciones
Suplemento constante	9	Necesidades
Trabajar de pie	2	Jornada completa
Uso de energía muscular	1	5 kilogramos
Tipo de iluminación	0	Idónea
Calor y humedad	0	Normal
Ruido intermitente	2	Sensible
Trabajo monótono	1	
Total de suplementos	15	Operación 1.

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio de tiempos*. p. 228.

Tomando como referencia el ejemplo anterior se califico cada operación, para agregar todos los suplementos a considerar por las condiciones propias del proceso de producción, los cuales se encuentran resumidos en la tabla XI.

Tabla XI. **Suplementos para calificación de trabajo según esfuerzo (piso armable)**

No.	Elemento	Suplementos	Calificación	Total
1	Acumulación de residuos y descartes de producción	9 %	6 %	0,15
2	Traslado al área de trituración	9 %	3 %	0,12
3	Extracción del cambrayón	9 %	5 %	0,14
4	Corte de suela y residuos	9 %	5 %	1,14
5	Trituración de suela y residuos			0
6	Extracción de molido	9 %	3 %	0,12
7	Traslado de molido a planta de TR	9 %	3 %	0,12
8	Mezcla de molido de TR y poliuretano	9 %	3 %	0,12
9	Carga de material a la maquina extrusora			0
10	Extrusión de material al molde	9 %	5 %	0,14
11	Extracción e inspección visual del piso armable del molde	9 %	3 %	0,12
12	Secado de piso			0
13	Inspección visual del piso	9 %	3 %	0,12
14	Empaque de piso	9 %	3 %	0,12

Fuente: elaboración propia, con base a Microsoft Office Excel 2007.

Obtenida las calificaciones se procede al cálculo de los tiempos normal y estándar mediante las siguientes ecuaciones y tablas de resume, los cuales establecerán todas las operaciones a evaluar.

- $\text{Tiempo Normal} = \text{Tiempo Cronometrado} * \text{Factor de Calificación}$

Tabla XII. **Cálculo de tiempo normal**

No.	Elementos	Tiempo Cronometrado	Factor	Tiempo Normal
1	Acumulación de residuos y descartes de producción	0,5	1,1	0,55
2	Traslado al área de trituración	2	1,1	2,2
3	Extracción del cambrayón	0,58	1,11	0,64
4	Corte de suela y residuos	1	1,1	1,1
5	Trituración de suela y residuos	1,5	1	1,5
6	Extracción de molido	1	1,33	1,33
7	Traslado de molido a planta de TR	1,5	1,1	1,65
8	Mezcla de molido de TR y poliuretano	1	1,1	1,1
9	Carga de material a la maquina extrusora	1,5	1,14	1,71
10	Extrusión de material al molde	0,5	1	0,5
11	Extracción e inspección visual del piso armable del molde	0,5	1,09	0,55
12	Secado de piso	0,75	1	0,75
13	Inspección visual del piso	0,5	1,23	0,62
14	Empaque de piso	1	1,1	1,1

Fuente: elaboración propia, con base a Microsoft Office Excel 2007.

El tiempo estándar en el ciclo de operaciones se obtiene multiplicando el tiempo normal calculado por un factor variable de suplementos. Los suplementos son retrasos que pueden concederse en el área de trabajo así como en la operación propia. Para el cálculo de tiempo estándar se tiene la siguiente fórmula.

- $\text{Tiempo Estándar} = \text{Tiempo Normal} * (1 + \% \text{ de Suplementos})$

Tabla XIII. **Cálculo del tiempo estándar**

No.	Elementos	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo Estándar (min)
1	Acumulación de residuos y descartes de producción	0,55	1,15	0,6325
2	Traslado al área de trituración	1,12	1,12	1,37
3	Extracción del cambrayón	0,64	1,14	0,73
4	Corte de suela y residuos	1,1	1,14	1,25
5	Trituración de suela y residuos	1,5	1	1,5
6	Extracción de molido	1,33	1,12	1,49
7	Traslado de molido a planta de TR	1,65	1,12	1,85
8	Mezcla de molido de TR y poliuretano	1,1	1,12	1,23
9	Carga de material a la maquina extrusora	1,71	1	1,71
10	Extrusión de material al molde	0,5	1,14	0,57
11	Extracción e inspección visual del piso armable del molde	0,55	1,12	0,61
12	Secado de piso	0,75	1	0,75
13	Inspección visual del piso	0,62	1,12	0,69
14	Empaque de piso	1,1	1,12	1,23
<b>Total</b>				<b>15,6125</b>

Fuente: elaboración propia, con base a Microsoft Office Excel 2007.

Según los resultados de las operaciones para la fabricación de pisos de poliuretano se obtiene que, se necesiten 15 minutos y 36,75 segundos para la fabricación de 1 pisos de material recuperado (PU y TR). De acuerdo a que la operación más lenta determina el ritmo de trabajo, a continuación se presenta el siguiente cálculo para el ritmo de trabajo.

Se toma como referencia la jornada diurna de 8 horas al día, con refacción de 15 minutos por jornada. Tiempo efectivo de trabajo= (8horas/jornada)\*(60minutos/1hora)-15minutos de refacción= 465 minutos efectivos

% de eficiencia: 480 min-----100 % tiempo  
 465 min-----% (eficiencia)

% eficiencia= (100 %\*465)/480=96,875 %

Ritmo de trabajo (R)= Tiempo efectivo\*%eficiencia/operación más lenta.

R= (465 minutos/jornada)\*96,875 %/(1,85 min)= 243 pisos/jornada.

Tabla XIV. **Tiempos estándar del proceso de producción de adoquines**

No.	Elementos	Tiempo Estándar (min)
1	Acumulación de residuos y descartes de producción	1,42
2	Traslado al área de trituración	1,23
3	Extracción del cambrayón	1,46
4	Corte de suela y residuos	1,88
5	Trituración de suela y residuos	1,65
6	Extracción de molido	2,31
7	Traslado de molido al área de concreto	2,46
8	Preparación de mezcla de cemento, arena, agua y molido	36,96
9	Preparación de molde de adoquín	2,28
10	Introducción de mezcla al adoquín	1,24
11	Secado de adoquín	1 440,00
12	Extracción del molde para liberar el adoquín	2,2
Total		1 495,09

Fuente: elaboración propia, con base a Microsoft Office Excel 2007.

Tabla XV. **Tiempos estándar del reproceso de poliuretano**

No.	Elementos	Tiempo Estándar (min)
1	Acumulación de residuos y descartes de producción	25,74
2	Traslado al área de trituración	6,16
3	Extracción del cambrayón	18,98
4	Corte de suela y residuos	19,44
5	Trituración de suela y residuos	15,5
6	Extracción de molid	4,47
7	Traslado de molido a reactor	2,46
8	Carga de Polioliol virgen, aceites, resinas y molido a reactor	12,32
9	Mezcla de de Materiales	15
10	Fundición a punto de fusión	1 440,00
11	Inspección visual de material	1,22
12	Extracción de material fundido	15
13	Traslado de material a proceso de producción de suelas	6,89
<b>Total</b>		<b>1 583,8</b>

Fuente: elaboración propia, con base a Microsoft Office Excel 2007.

La obtención de los tiempos estándar para cada proceso se utilizará para la construcción de los diagramas de flujo de proceso, y así obtener un sistema gráfico de producción de recuperación de materiales.

#### **4.1.6. Selección de la maquinaria**

Debido a que es necesario trabajar con maquinaria de alta capacidad se hace referencia al tipo de maquinaria para cada proceso de producción del nuevo sistema de recuperación de materiales para la realización de nuevos productos.

Los pisos de poliuretano (PU) y termoplásticos (TR) se utilizan las siguientes máquinas:

- Molino Mecanofar MF 300 para la trituración de los materiales.
- Extrusor de la mezcla de TR y PU Rotativa Main Group-simplex16 para extrusión de TR. Con capacidad de 8 moldes.

Para la producción de adoquines de uso peatonal se deben utilizar las siguientes máquinas.

- Molino Mecanofar MF 300 para la trituración de los materiales PU.
- Mezclador de concreto tipo trompo, con las siguientes características: este mezclador puede agilizar el proceso de producción de los adoquines, además de mezclar mejor los materiales.

Para el reproceso de PU se deben utilizar las siguientes máquinas:

- Molino Mecanofar MF 300 para la trituración de los materiales.
- Reactor PU Machinery GDE para reproceso de poliuretano.
- Sierra de banco.

#### **4.2. Modalidades del reciclajes de los materiales**

Teniendo las consideraciones anteriores de la recuperación de los materiales que servirán como MP para nuevos productos, se establecen los procedimientos necesarios para cada operación utilizando el diagrama de flujo de procesos, indicando los tiempos de cada operación establecidos con anterioridad.

Siendo el diagrama de flujo de proceso una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, los transportes, las inspecciones, las esperas y los almacenamientos que ocurren durante un proceso. Incluye, además, la información que se considera deseable para el análisis, por ejemplo el tiempo necesario y la distancia recorrida.

#### **4.2.1. Reutilización**

Los materiales que se puede reutilizar son TR y PU solo en el caso de la producción de pisos armables, se establece el proceso de producción (ver figura 40), complementando con los tiempos estándar para cada operación calculada según la tabla XIII.

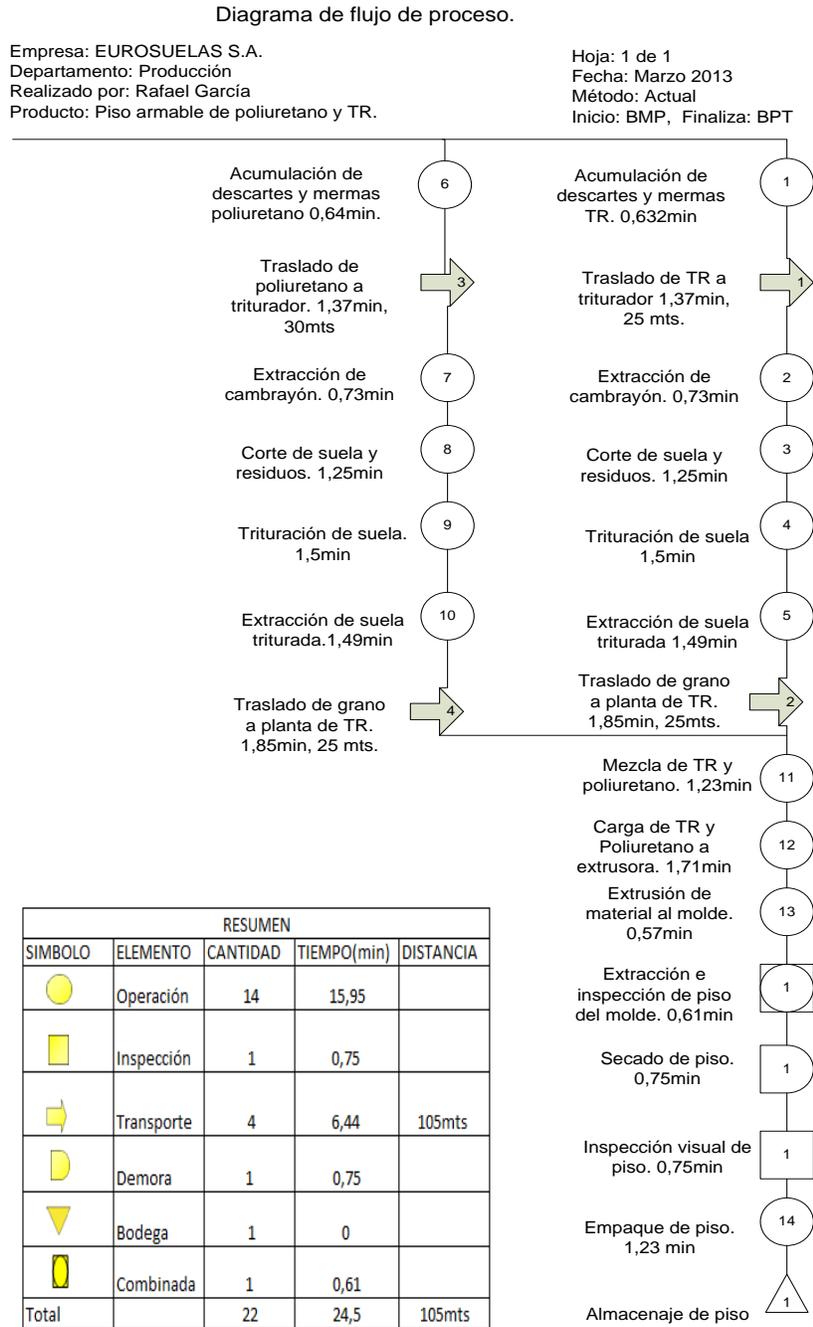
#### **4.2.2. Reproceso**

Teniendo en cuenta que el TR y ABS se pueden reprocesar al 100 %, se establece el proceso de producción del 30 % del material recuperado de poliuretano mediante el siguiente diagrama de flujo de operaciones, complementando con los tiempos estándar para cada operación calculada según la tabla XIV (ver figura 41).

#### **4.2.3. Reciclaje**

Considerando que se puede utilizar el 20% del material recuperado de poliuretano para la fabricación de adoquines para uso peatonal o liviano se establece el proceso de producción mediante el siguiente diagrama de flujo de operaciones complementando con los tiempos estándar para cada operación calculada según la tabla XI (ver figura 42).

Figura 40. Diagrama de flujo de proceso del piso armable de poliuretano y TR



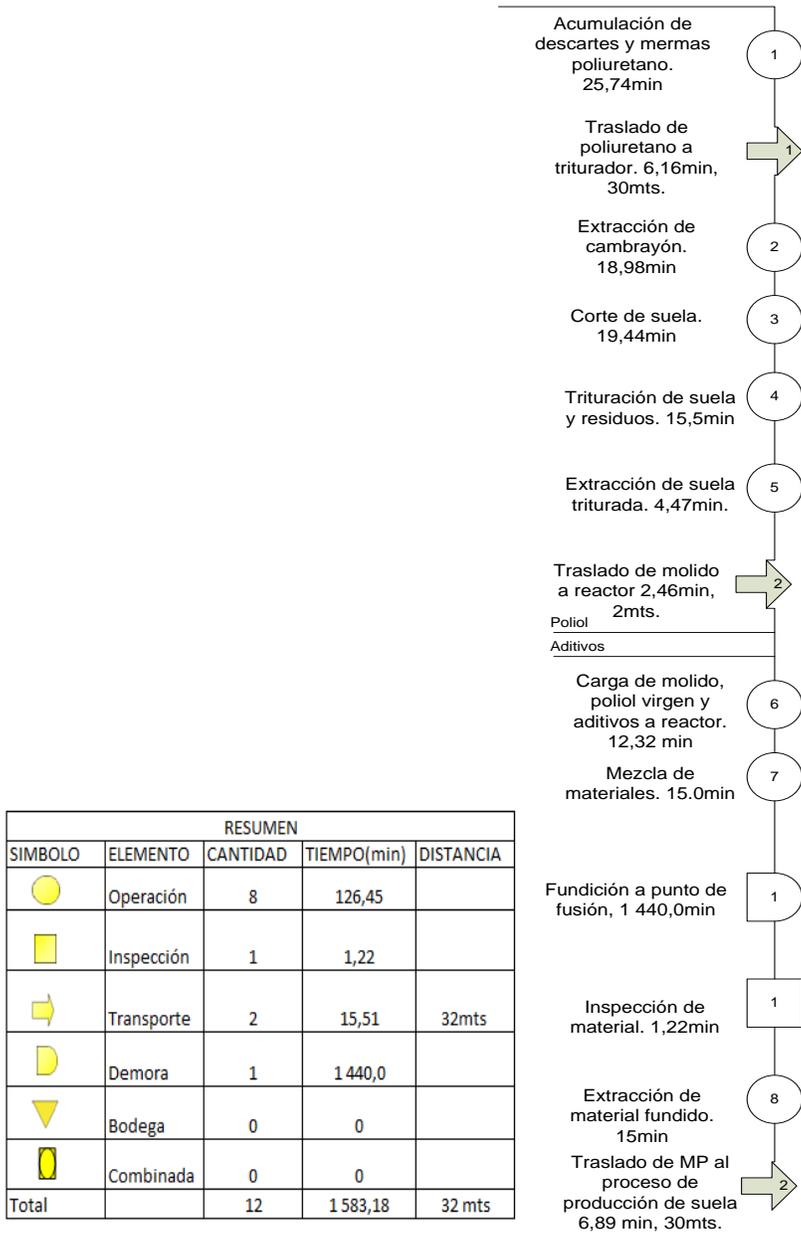
Fuente: elaboración propia, con base a Microsoft Office Visio 2007.

Figura 41. Diagrama de flujo de proceso para el reproceso de poliuretano

Diagrama de flujo de proceso.

Empresa: EUROSUELAS S.A.  
 Departamento: Producción  
 Realizado por: Rafael García  
 Producto: Reproceso de poliuretano.

Hoja: 1 de 1  
 Fecha: Marzo 2013  
 Método: Actual  
 Inicio: BMP, Finaliza: Planta de sulas



RESUMEN				
SIMBOLO	ELEMENTO	CANTIDAD	TIEMPO(min)	DISTANCIA
●	Operación	8	126,45	
■	Inspección	1	1,22	
→	Transporte	2	15,51	32mts
D	Demora	1	1 440,0	
▽	Bodega	0	0	
□	Combinada	0	0	
<b>Total</b>		<b>12</b>	<b>1 583,18</b>	<b>32 mts</b>

Fuente: elaboración propia, con base a Microsoft Office Visio 2007.

Figura 42. Diagrama de flujo de proceso para adoquines de cemento, arena y poliuretano de uso liviano

Diagrama de flujo de proceso.

Empresa: EUROSUELAS S.A.  
 Departamento: Producción  
 Realizado por: Rafael García  
 Producto: Adoquines de cemento, arena y poliuretano

Hoja: 1 de 1  
 Fecha: Marzo 2013  
 Método: Actual  
 Inicio: BMP, Finaliza: BPT



RESUMEN				
SIMBOLO	ELEMENTO	CANTIDAD	TIEMPO(min)	DISTANCIA
●	Operación	9	51,44	
■	Inspección	0	0	
➔	Transporte	2	3,69	80mts
⏸	Demora	1	1 440,0	
▼	Bodega	1	0	
⏏	Combinada	0	0	
<b>Total</b>		<b>13</b>	<b>1 495,09</b>	<b>80mts</b>

Fuente: elaboración propia.

#### **4.2.4. Ventajas y desventajas de las modalidades**

Aunque los procesos de recuperación de materiales son efectivos, lamentablemente no son perfectos ya que presentan ventajas y desventajas en su aplicación, siendo las siguientes.

La reutilización: la reutilización del material solo se puede realizar para este caso en un 50 % para TR y en un 50 % para el poliuretano para la producción de pisos armables.

- Ventajas
  - Permite utilizar los materiales cada vez que se quiera.
  - Reduce la cantidad de desechos en la organización.
  - Evita la contaminación del medio ambiente.
  - Se obtiene una ventaja competitiva por la creación de un nuevo producto.
  
- Desventajas
  - La reutilización de materiales no garantiza la calidad de los productos por ser materiales recuperados.
  - Incurre en costos adicionales para nuevos procesos de producción.
  - Depreciación de la maquinaria.

El reproceso: solo se puede aplicar para el 30 % de poliuretano, 50 % de TR y 100 % de ABS del material recuperado, se toma en consideración para las ventajas y desventajas el reproceso de poliuretano.

- Ventajas
  - Se recupera el 30 % del material para convertirla en MP.
  - No emite gases al momento de reprocesarlo.
  - Reduce los desechos sólidos en el medio ambiente.
  
- Desventajas
  - Altos costos de reproceso.
  - Manejo forzado de materiales desechos y descartes.
  - El material no es 100 % virgen por lo que no posee la misma maleabilidad y su manejo es más costoso.

El reciclaje: se aplica para este caso al poliuretano en un 20 % de la cantidad de material tratado como recuperado.

- Ventajas
  - Reducción de la basura que es depositada en los basureros.
  - Se obtienen nuevos usos para los desechos.
  - Crea conciencia para el cuidado del medio ambiente.
  - Se disminuye la emisión de gases.
  
- Desventajas
  - Se consume energía para el tratamiento del material.
  - Requiere de mano de obra para la recolectar el material.
  - Baja resistencia del adoquín por el tipo de material, convirtiéndolo para uso de transito liviano.



## **5. SEGUIMIENTO**

### **5.1. Plan de seguimiento**

Considera varios aspectos que deben de controlarse para darle continuidad al los procesos, de tal forma que sean cada vez más eficientes y eficaces.

El plan además de seguir de cerca el rendimiento de las operaciones es inevitable la comparación de resultados, por lo que la evaluación de la funcionalidad de los procesos comprende la evaluación de los componentes operativos.

En todas las empresas ya sea de producción de bienes o prestación de servicios, siempre va a existir un proceso que mejorar, pues el continuo movimiento y evolución del mercado o sector al que pertenece la empresa, hace que este se modifique y busque nuevos métodos de trabajo. “La mejora de procesos significa, compromisos y aporte de todos los miembros de la organización para obtener un balance significativo en los distintos procesos donde se implementó la mejora y así poder justificarlos mediante indicadores de gestión” (Sotomonte, 2009, p. 27).

Se considera recomendable que la evaluación comprenda tres grandes rubros con puntos principales en cada uno de ellos:

- Recursos humanos: renovación y mejoramiento de la calidad del cuerpo productivo así como también de la capacitación constante en nuevas prácticas y métodos de producción.
- Gestión: mejoramiento e integración de la gestión que de opciones de inversión y mejoras continuas que ayuden al buen funcionamiento y crecimiento de la organización.
- Infraestructura y equipamiento: avances en el plan para la provisión de equipamientos principales y complementos que eleven los rendimientos de producción.

Al momento de seguir el plan obviamente es inevitable los monitoreo para poder analizar lo que sucede en determinada operación para poder seleccionar los mejores ajustes o en último caso cambian definitivamente el proceso a nuevas formas de recuperación de los materiales, ya sea por los altos costos o por bajos rendimientos.

### **5.1.1. Monitoreo y ajustes en el sistema**

“El monitoreo permite el control de qué está funcionando y qué no, así se pueden hacer ajustes a lo largo del proceso” (Vizhco, 2013, p. 22). Permite que los programas evalúen qué está pasando realmente, versus lo que se planificó. El monitoreo permite a los programas hacer lo siguiente:

- Implementar medidas correctivas para poner a los programas nuevamente en curso y que sean responsables de los resultados que se espera que el programa logre.
- Determinar cómo deberían ser distribuidos los fondos en todas las actividades programáticas.
- Recolectar información que puede usarse en el proceso de evaluación.

“No existen herramientas y métodos de monitoreo estándar. Varían de acuerdo con el tipo de intervención y los objetivos que se planteen” (Vizhco, 2013, p. 23). Debido a es necesario implementar monitoreos que se ajusten a los informes, en las que su evaluación no sea exagerada y la toma de decisiones para los respectivos ajustes sean viables, seguros.

Al realizar los monitoreos, la información recabada debe de ser clara completa y concisa, de tal forma que no de ningún indicio de duda, ya que las decisiones que se toman pueden mejorar o perjudicar los procesos de producción, por errores en la redacción o falta de información. Los informes de monitoreo de actividades y la presentación de la información recabada debe ser considerada de mucha importancia ya que de ella depende la toma de decisiones para los ajustes de los sistemas. La información puede ser recabada a través de las siguientes fuentes.

- Recurso humano: técnicas cualitativas, para medir actitudes, conocimiento, habilidades, comportamiento y las experiencias.
- La gestión: técnicas cuantitativas, revisiones estadísticas de bases de datos y rendimientos del sistema.
- La infraestructura y equipamiento: técnicas cuantitativas, medición de eficiencia de máquinas y establecimiento de espacio necesario para la ejecución de las operaciones.

La mejora del sistema puede entrar en un ciclo de mejora continua el cual se puede denominar PHVA (planear, hacer, verificar y actuar) es de gran utilidad para estructurar y efectuar proyectos de mejora de la calidad y la productividad en cualquier nivel jerárquico en una organización. Este ciclo, también conocido como el ciclo de Shewhart, Deming o el ciclo de la calidad.

“Se desarrolla de manera objetiva y profunda un plan (planear), este se aplica en pequeña escala o sobre una base de ensayo (hacer) se evalúa si se obtuvieron los resultados esperados (verificar) y, de acuerdo con lo anterior, se actúa en consecuencia (actuar), ya sea generalizando el plan si dio resultado y tomando medidas preventivas para que la mejora no sea reversible, o reestructurando el plan debido a que los resultados no fueron satisfactorios, con lo que se vuelve a iniciar el ciclo” (Gutiérrez, 1997, p. 120).

Tabla XVI. **8 pasos para el ciclo PHVA**

Etapa del ciclo	Paso No.	Nombre del paso	Perfiles técnicas a usar
Planear	1	Definir y analizar la magnitud del problema	Pareto, h. de verificación, histograma, c. de control
	2	Buscar todas las posibles causas	Observar el problema, lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa
	3	Investigar cual es la causa más importante	Pareto, estratificación, d. de dispersión, d de Ishikawa
	4	Considerar las medidas remedios	Por qué...necesidad Qué...Objetivo Dónde...lugar Cuánto...tiempo y costo Como...plan
Hacer	5	Poner en práctica las medidas remedio	Seguir el plan elaborado en el paso anterior e involucrar los afectados
Verificar	6	Revisar los resultados obtenidos	Histograma, Pareto, c. de control, h. de verificación.
Actuar	7	Prevenir la recurrencia del problema	Estandarización, inspección, supervisión, h. de verificación
	8	Conclusión	Revisar y documentar el procedimiento seguido y Planear el trabajo futuro.

Fuente: GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. p. 120.

Una forma fácil de determinar la efectividad con que se manejan los recursos destinados a los procesos de recuperación de materiales, es mediante la productividad el cual es “el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar los objetivos predeterminados” (García Criollo, 2000, p. 9). Por lo tanto la productividad se puede medir según el punto de vista:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}} \qquad \text{Productividad} = \frac{\text{Resultados logrados}}{\text{Recursos utilizados}}$$

Un ejemplo puede ser la evaluación de la productividad de los pisos armables para el cual puede ser monitoreado y ajustado si este parámetro de comparación baja, el cual se extrajo la información del estudio de tiempos para el proceso de producción de pisos armables y la tabla III.

$$\text{Productividad} = \frac{243 \text{ pisos}}{8 \text{ horas} * 4 \text{ hombres}} = \frac{13,22 \text{ pisos}}{\text{hora} * \text{ hombre}}$$

Esta medida de evaluación esta se contempla para el plan de seguimiento y los monitoreos y ajustes de los sistemas de producción de recuperación de materiales antes establecidos. Esto implica que cada proceso puede ser mejorado mediante la reducción de operaciones, nuevas tecnologías, etc.

### **5.1.2. Implementación de nuevas tecnologías de reciclaje**

Cuando se habla de tecnología, se viene a la mente palabras como: computadoras, juegos de videos, discos compactos, etc., sin fijarse que esta palabra se refiere al sin número de máquinas o herramientas movidas por una fuerza no humana pero que tiene que ser dirigida por el hombre.

La tecnología puede definirse como el medio para transformar ideas en procesos o servicios, que permita además mejorar o desarrollar procesos. Otro enfoque que se le da a la tecnología es la que define a esta como un conjunto de procesos, herramientas, métodos y equipo que se utilizan para producir bienes o servicio. Para efectos de los procesos antes vistos, existen 3 tipos de tecnología que se ajustan a las operaciones.

La tecnología de operación. Es la que resulta de largos períodos de evolución; los conocimientos son productos de observación y experimentación de años en procesos productivos. En este tipo de tecnología es frecuente la incidencia de tecnologías de equipo y de proceso, por lo que a veces se le considera como una mezcla de condicionantes tecnológicas.

La tecnología de producto. Es el conocimiento de las características y especificaciones de un producto o servicio diseñado de conformidad a las necesidades de los procesos de manufactura y del mercado. La tecnología específica para la fabricación del producto/servicio, su método, procedimiento, especificaciones de diseño, de materiales, de estándares y de mano de obra. Es el conjunto de conocimientos y experiencias que permite conocer la estructura, propiedades y características funcionales de un producto.

La tecnología limpia. Término para designar las tecnologías que no contaminan y que utilizan los recursos naturales renovables y no renovables en forma racional.

Esta última tecnología es la que se debería utilizar toda organización, ya que aprovecha al máximo los recursos sin contaminar el medio ambiente, siendo los requisitos exigidos necesarios para llevar a la máxima optimización los recursos productivos y de servicios.

Trata de seleccionar las herramientas tecnológicas de forma racional, una tecnología apropiada que se encuentre en armonía con las necesidades ambientales y humanas de la sociedad.

Teniendo en cuenta lo antes visto, el gerente o encargados de la adquisición de nuevas tecnologías, deben de conocer las características mínimas que puedan identificar un mayor rendimiento respecto al rendimiento de la tecnología o maquinaria utilizada en la compañía. Como por ejemplo: disminución de ruido, mayor capacidad de proceso de materiales, menor consumo de energía, etc.

La selección de la tecnología, no necesariamente lo puede hacer el dueño de la empresa, sino que puede hacerlo el gerente de la empresa o se puede tercerizar la búsqueda, tomando en cuenta consideración y las recomendaciones de ingenieros y técnicos. Debido a que los empleados entran en contacto directo con las máquinas, pueden recomendar en base a su experiencia, máquinas o ajustes para que sean más eficientes.

En esta etapa es recomendable que intervenga un grupo multidisciplinario que debería estar conformado por ingenieros, expertos financieros, y usuarios finales, dado que ellos manejan información vital para llevar a cabo un buen proceso de selección acorde a las necesidades y capacidades de la empresa.

- Ingeniero: analiza los detalles técnicos de la tecnología que piensa incorporarse a la empresa.
- Experto financiero: evalúa las implicaciones financieras del hecho.
- Usuario final: conoce bien el problema que debe resolverse con la adquisición de la nueva tecnología.

### **5.1.3. Selección de nuevas áreas de producción**

Las áreas de producción actualmente en la organización, funcionan en conjunto con los métodos de recuperación de los materiales, aprovechando cada proceso. Pero cuando la producción de los productos propios de la organización requeridos por el mercado incrementa, ocasiona una baja en el proceso de recuperación de materiales, debido a que se enfoca en el cumplimiento de la demanda del mercado.

El desvío de recursos de la organización hacia el cumplimiento de las metas, ocasiona un desbalance en el manejo de materiales, teniendo que manejar mayores cantidades de desechos y recursos para su recuperación. Las dificultades que ocasiona la utilización de los recursos para 2 procesos totalmente diferentes, se propone un espacio con personal y maquinaria adecuada, específicamente para la recuperación de los materiales, esto da lugar al incremento de la eficiencia en los métodos de recuperación, al mismo tiempo de no interferir en las operaciones de cada proceso.

La decisión sobre la distribución de la planta implica la determinación de la localización de los departamentos agrupados de trabajo dentro de los departamentos, de las estaciones de trabajo, de la maquinaria y de los puntos de mantenimiento de las existencias dentro de las instalaciones de producción. “El objetivo es organizar estos elementos de una manera tal que se garantice un flujo de trabajo uniforme en una fábrica” (Sotomonte, 2009, p. 39).

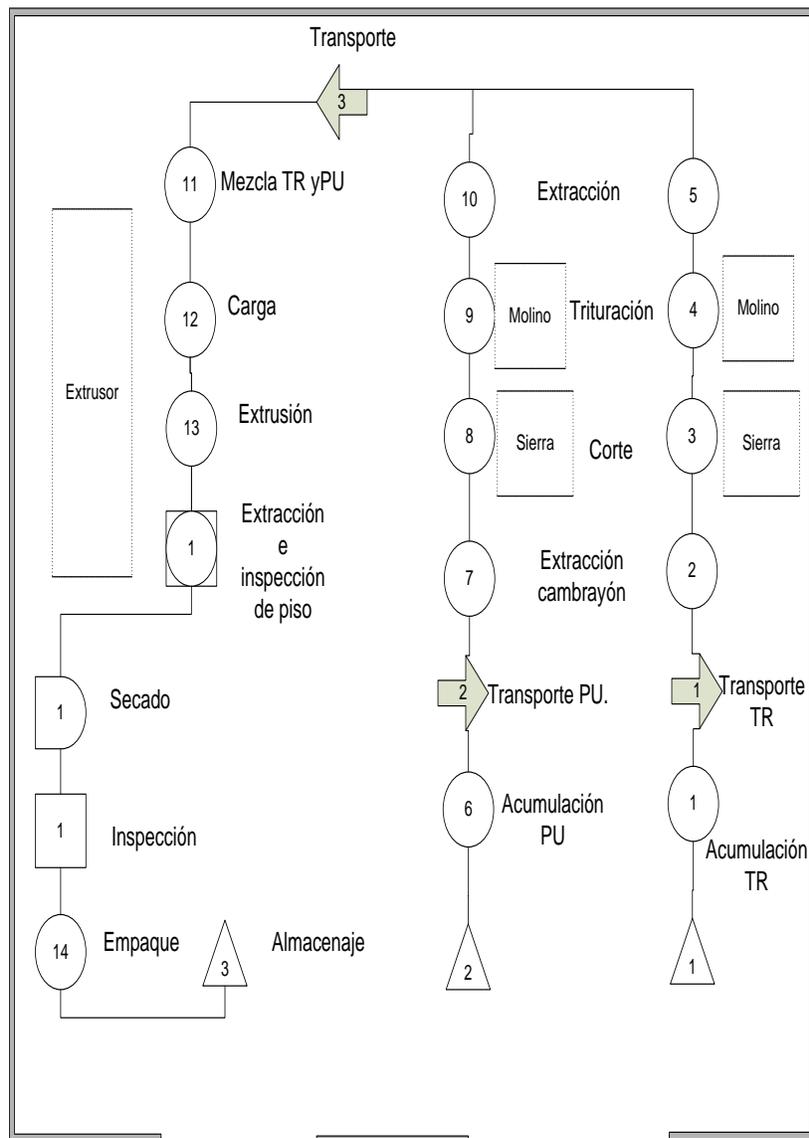
La utilización de espacios nuevos para operaciones nuevas, requiere el ordenamiento de las áreas de trabajo. Haciendo indispensable el diagrama de recorrido, para la obtención de un flujo de operaciones ininterrumpido (ver figura 43).

Figura 43. **Diagrama de recorrido para la producción del piso armable de poliuretano y termoplástico**

Diagrama de recorrido.

Empresa: EUROSUELAS S.A.  
 Departamento: Producción  
 Realizado por: Rafael García  
 Producto: Piso armable de poliuretano y TR.

Hoja: 1 de 1  
 Fecha: Marzo 2013  
 Método: Propuesto  
 Inicio: Planta TR y PU, Finaliza: BPT



Fuente: elaboración propia, con base a Microsoft Visio.

El diagrama de recorrido es presentado para ejemplificar la innovación de los procesos y de selección de nuevas áreas de producción, separando y estableciendo un espacio definitivo y específicamente para el recuperado de materiales para la producción de pisos armables. Pero esto no quiere decir que para los demás procesos no puedan tener un espacio con operaciones propias.

La nueva área de producción debe tener como mínimo las dimensiones de 30 x 30 m esto considerando el tamaño de las máquinas y el espacio necesario para las estaciones de trabajo, la dimensión del espacio está calculada en base a las dimensiones actuales de la maquinaria que se utilizan en la organización para trabajar.

#### **5.1.4. Reestructuración de nuevos planes de control**

Esto conlleva las revisiones constantes de los planes de control debido a que no todos los planes funcionan adecuadamente y con los resultados esperados, por lo que se puede llegar a hacer ajustes o cambios radicales para cada plan.

La reestructuración de los planes serán si y solo si los planes actuales son obsoletos, con poco rendimiento y con costos muy elevados, para ello se deben evaluar los siguientes parámetros.

- Cantidad mensual de desechos versus cantidad mensual de MP recuperada, transformada en nuevos productos.
- Aceptación de los productos en el mercado a través de la cuantificación de la demanda mensual.
- Costos de operaciones versus utilidades del reciclaje de materiales.

## CONCLUSIONES

1. Mediante la evaluación de la situación actual utilizando la herramienta denominada Diagrama Causa y Efecto o Ishikawa, se determinó que las causas principales que generan la acumulación de desechos y descartes de producción son: a) La no estandarización de los procesos de producción. b) Capacitación empírica, desmotivación y poca concientización en la conservación del medio ambiente, hacia los empleados. c) Fallas mecánicas imprevistas por cambios repentinos en los diseños de los modelos de los productos en conjunto con la descoordinación entre departamentos.
2. Mediante la evaluación e integración de costos por el manejo forzado de desechos y descartes de producción se estima la cantidad promedio de Q. 18 592,47 mensuales, integrado por el costo de mano de obra, maquinaria, herramientas, materiales y energía eléctrica. Los cuales son variables debido a que la cantidad de desechos y descartes de producción depende de la demanda del mercado, es decir a mayor demanda de productos, mayor cantidad de desechos y descartes asimismo, mayor costo por manejo de desechos y viceversa.
3. El procedimiento adecuado para el manejo de residuos y descartes de producción se obtiene mediante la utilización del método de inventarios PEPS que controla las entradas y salidas de materia prima o desechos y descartes. Complementada con la secuencia lógica y ordenada presentada por el diagrama de recorrido para la recuperación de materiales dentro de la planta.

4. El procedimiento adecuado para el reciclaje de desechos y descartes de suelas y calzado, se obtiene utilizando las herramientas de ingeniería, mediante la medición del trabajo, y la utilización de los diagramas de flujo de proceso, los cuales muestran una secuencia ordenada de operaciones para la creación de productos, reproceso y reutilización de materiales los cuales son: a) Diagrama de flujo de proceso para la creación de pisos armables de poliuretano y termoplástico. b) Diagrama de flujo de proceso para la creación de adoquines de uso liviano de cemento, arena, agua y poliuretano. c) Diagrama de flujo de proceso para el reproceso de poliuretano en conjunto con material virgen para producción de suelas.
  
5. Implementando las herramientas de ingeniería, utilizando los métodos de reciclaje, reutilización y reproceso de materiales se reduce considerablemente la cantidad de desechos y descartes de producción, siendo necesario la utilización de diagrama de recorrido propuesto para la recuperación de materiales utilizando la maquinaria, mano de obra, herramientas, espacios e instalaciones específicas para las operaciones de recuperación de materiales.

## RECOMENDACIONES

1. Debido a que la maquinaria es causa de la acumulación de desechos y descartes, es necesario realizar la evaluación significativa del procedimiento de utilización de las máquinas en conjunto con la evaluación de las fallas mecánicas imprevistas.
2. Aunque es inevitable el manejo de desechos y descartes de producción, resulta indispensable estimar periódicamente el costo por manejo de materiales, que permita evaluar la creciente o decreciente cantidad de monetaria, para poder proyectar y destinar los recursos necesarios.
3. Debido a que el método de PEPS es una alternativa para el control y manejo de residuos y descartes de producción, es necesario realizar una evaluación al final de cada periodo operativo, para determinar la eficiencia y eficacia del sistema de control de inventarios.
4. Al utilizar los métodos de recuperación de materiales, es necesario monitorear y evaluar los procesos operativos, para mejorar los tiempos de operación, además de reducir operaciones, distancias y demoras innecesarias.
5. Es necesario medir la cantidad de desechos y desperdicios que quedan al final de cada período operativo, una vez utilizados los métodos de recuperación, reciclaje y reutilización de materiales.

En conjunto con la cuantificación de los productos elaborados de materiales recuperados, con el objeto de comparar la obtención de los beneficios obtenidos de materiales recuperados.

6. Se hace indispensable la evaluación de la aceptación del mercado, de los productos elaborados de los materiales recuperados, comparando las cantidades vendidas *versus* las producidas, demostrándolo de forma significativa.

## BIBLIOGRAFÍA

1. AQUILANO, Chase Jacobs. *Administración de la producción y operaciones*. 10a ed. México: McGraw-Hill, 2005, 117 p.
2. BOLAÑOS DE TORRES, Aida. *Organización de empresas*, 7a ed. Guatemala: Textos y formas impresas, 2006. 19-24 p.
3. CARTAGENA BARAHONA, Dalila Judith. *Normas internacionales de contabilidad aplicadas al sistema de control de inventario en la industria de la confitería de El Salvador*. Trabajo de graduación de Lic. en Contaduría Pública. Facultad de Economía, Universidad DR. José Matías Delgado, El Salvador, 2005. 10 p.
4. CASTILLO RIVAS, Oscar Alexis. *Estudio de tiempos y movimientos en el proceso de una industria manufacturera de ropa*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 9 p.
5. CEDEÑO VERA, Isaías Andrés. *Proyecto de inversión para la creación de una fábrica de calzado femenino de cuero en la ciudad de Guayaquil*. Trabajo de graduación de Lic. Economía. Facultad de Economía y Negocios, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil Ecuador, 2010. 6 p.
6. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo, ingeniería de métodos*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 2000. 186-187 p.

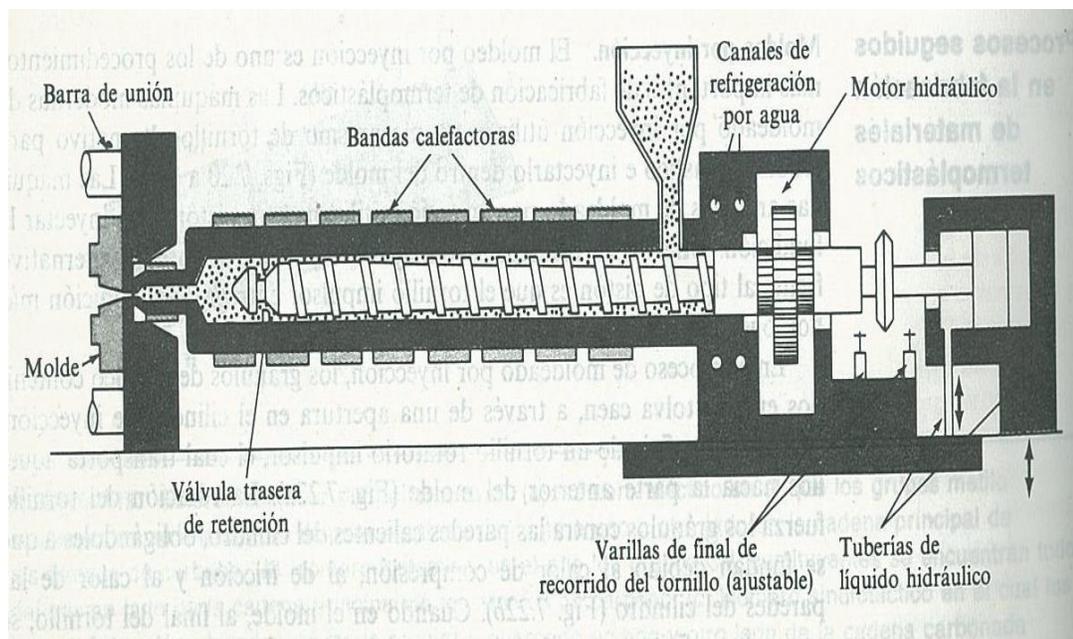
7. GRECALSA, Gremial de Calzado Guatemala. *Revista Calzarte Guatemala*, Guatemala, 2010, 20-21 p.
8. MINISTERIO DE ECONOMÍA DE GUATEMALA. *Síntesis del tratado de libre comercio*, República Dominicana, Centroamérica y Estados Unidos, Guatemala, 2005. 7 p.
9. GUTIERREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. 3a ed. México: McGraw-Hill, 1997, 192-220 p.
10. GUZMÁN DÍAZ, Vidal Elías. *Manual de prácticas de concreto hidráulico*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería Civil Región Xalapa, Universidad Veracruzana, México, 2009. 6 p.
11. MEJICANO SÁNCHEZ, José Guillermo. *Recolección, clasificación y compactación en el proceso de reciclaje del aluminio*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 9 p.
12. NIEBEL, Benjamín, FREIVALS W. *Ingeniería industrial: métodos y tiempos*. 11a ed. México: Alfaomega, 2004. 383 p.
13. SLOCUM, John W. *Administración un enfoque basado en competencias*, 11a ed. México: McGraw-Hill, 2005. 115-137 p.
14. SMITH, William F. *Fundamento de la ciencia e ingeniería de materiales*, 2a ed. México: McGraw-Hill, 1898, 344-385 p.

15. SOTOMONTE VEGA, Luis Javier. *Mejoramiento del sistema productivo de la empresa suelas y tacones rally*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Universidad Industrial de Santander, Colombia, 2009. 27-40 p.
  
16. VIZHCO SIGUA, Amanda Lorena. *Programa de capacitación para la elaboración de los jugos en los mercados municipales*. Trabajo de graduación. Carrera de Gastronomía. Universidad Tecnológica ISRAEL. Ecuador, 2013. 23 p.



## ANEXOS

### Sección transversal de máquina de tornillo alternativo de molde por inyección para materiales plásticos

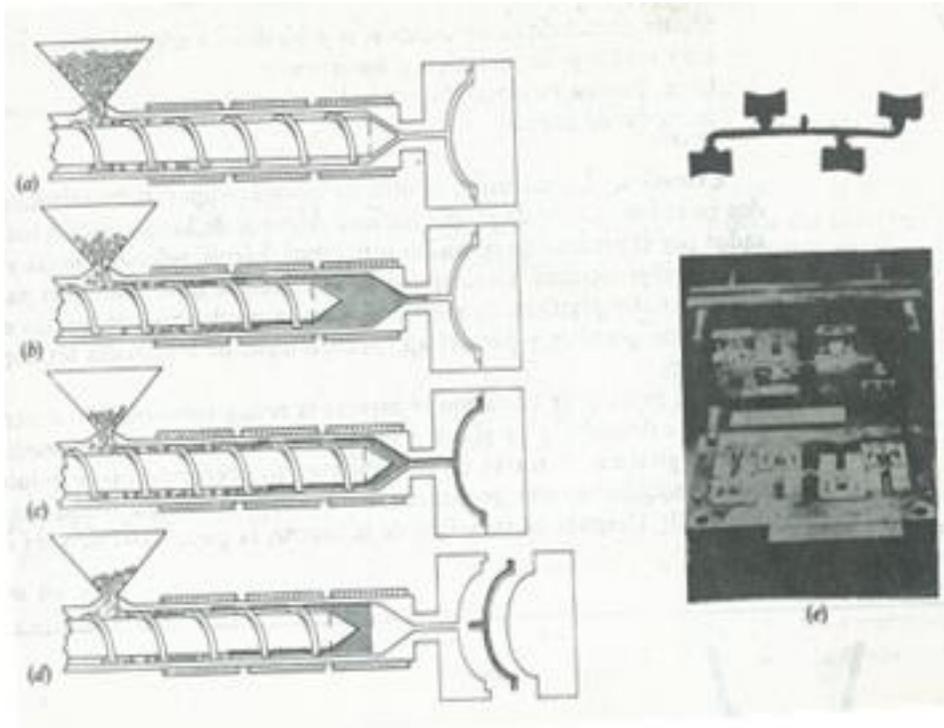


Fuente: SMITH, William F. *Fundamento de la ciencia e ingeniería de materiales*. p. 368.

En esta figura se muestra una de las formas en que se procesan los materiales plásticos, mediante una máquina de tornillo alternativo el cual eleva la temperatura del plástico hasta el punto de fusión, para cambiarlo de estado sólido a estado líquido, para luego ser inyectado en un molde.

En la siguiente figura se muestra la secuencia de operación para un tornillo alternativo.

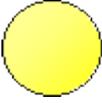
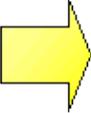
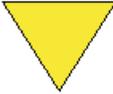
## Secuencia de las operaciones para el proceso de moldeo por inyección con tornillo alternativo



Fuente: SMITH, William F. *Fundamento de la ciencia e ingeniería de materiales*. p. 368.

(a) Los gránulos de plástico son liberados por un tornillo cilíndrico rotatorio. (b) Los gránulos de plástico son fundidos a su paso por el tornillo rotatorio, y cuando una cantidad suficiente de material plástico está fundida al final del tornillo, éste para de girar. (c) El tornillo cilíndrico es llevado hacia adelante con una embolada, siendo inyectado el plástico fundido a través de un bebedero de colada y un sistema de puertas y luego dentro de la cavidad de un molde cerrado. (d) El tornillo cilíndrico es retraído y la pieza de plástico terminada es expulsada. (e) Se abre el molde pudiendo ver arriba la pieza plástica obtenida.

## Símbolos para la elaboración de diagramas de procesos

	Operación	Cualquier actividad que dé como resultado un cambio físico o químico en un producto o componente del mismo.
	Inspección	Cualquier comparación o verificación de características.
	Transporte	Cualquier movimiento que no sea parte integral de una operación o inspección.
	Retraso	Cualquier período en el que un componente esté esperando para alguna operación, inspección o transporte.
	Almacenamiento	Mantener un producto o materia prima en el almacén.

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo ingeniería de métodos y medición del trabajo, segunda edición*. p. 44.

Estos símbolos simplifican y la información de tal forma que pueda ser que facilite la comprensión de la actividad, proporcionando un mejor panorama.

La siguiente figura muestra el costo por energía eléctrica del mes de marzo 2014, el cual sirve como referencia del cálculo para la estimación del costo mensual, por manejo forzado de desechos y descartes de producción.

# Factura de energía eléctrica del mes de marzo de 2014 de Eurosuelas S. A.



COMERCIALIZADORA ELECTRICA DE GUATEMALA, S.A.  
6a. Avenida 8-14 Zona 1 NIT: 1494608-4  
www.comegsa.com.gt PBX: (502)2420-4200

Referencia para Bancos: 6457  
FACTURA ELECTRONICA SERIE: FACE-63-E1-001  
NUMERO: 14000006457  
FECHA DE EMISION: 31.03.2014

### DATOS DEL CLIENTE

Nombre: Fabrica y Distribuidora de Suelas Eurosuelas, S.A.  
Dirección: CARRETERA A SAN JUAN SACATEPEQUEZ Km. 17.9 Guatemala MIXCO-00  
NIT: 2723111-9  
Correlativo: 1310733  
Contador: F-69199  
Dirección Punto de Suministro: CARRETERA A SAN JUAN SACATEPEQUEZ Km. 17.9 Guatemala MIXCO-00

### DETALLE DE CARGOS

### IMPORTE (Q)

Cargos por venta Potencia y Energía del		01.03.2014	al	31.03.2014		
Potencia:	376.01 kw	Energía	129,139.39	kwh	USD	19,733.87
Dem. F:	268.00 kw					170,799.77
<b>Cargos a cuenta de terceros</b>						
Peajes y Resoluciones					USD	4,883.12
						42,264.18
<b>Otros Cargos</b>						
Conforme detalle desglose facturación					USD	493.41
						4,270.54
<b>Cargos por Mora</b>						
Cargos por mora saldo anterior					USD	0.00
						0.00
<b>Tasa Municipal</b>						
Tasa Municipal municipio Mixco					USD	0.00
						0.00
T.C. Q./US \$ 7.72782						
Los montos en US \$ no incluyen IVA						
NO RETENER ISR, Sujeto a Pagos Trimestrales Decreto 10-2012						
NO RETENER IVA, AGENTE DE RETENCION DECRETO 20-2006						
<b>Cargos por Mora</b>						
Cargos por mora saldo anterior					USD	0.00
						0.00
<b>Tasa Municipal</b>						
Tasa Municipal municipio Mixco					USD	0.00
						0.00
T.C. Q./US \$ 7.72782						
Los montos en US \$ no incluyen IVA						
NO RETENER ISR, Sujeto a Pagos Trimestrales Decreto 10-2012						
NO RETENER IVA, AGENTE DE RETENCION DECRETO 20-2006						

### TOTAL CARGOS DEL MES

**217,334.49**

GFACE-MEGAPRINT, S.A. NIT: 5051023-1 Autorizado según resolución 2012-5-19953-1756 serie "E1" del 1 al 20,000  
GFACE: Megaprint, S.A. NIT 5051023-1  
CAE: SycldBdGT7qqpLauoc5f3kxwOP6V7Yf9d5qORL6YWeIqqw73ucanG070FyC5g99tdOASqCmfSzbckLHVHDPyK/4d9wPwwTEkV84cM7G0pw9qghTPkX3M25/4stB60LU=

### INFORMACION IMPORTANTE

ESTADO DE CUENTA	IMPORTE (Q)	OBSERVACIONES
Saldo inicial al 01.03.2014	235,691.67	- Si paga después del 30.04.2014 tendrá un recargo por mora de esta factura de Q. 3,215.36 - DESGLOSE DE LA FACTURA EN OFICINA VIRTUAL www.comegsa.com.gt
(-) Abonos realizados en el mes	-236,244.05	
(+) Cargos del mes	217,886.88	
Saldo al 31.03.2014	217,334.50	

Fuente: Eurosuelas S. A. Departamento de Contabilidad.

Se muestran los datos para el análisis de la dureza de una muestra de suelas para dama, elaborados de poliuretano, donde se extrae la información para la construcción del histograma antes visto.

**Datos para la construcción del histograma para tabla histograma**

Dureza de la suela de plataforma para dama elaborado de poliuretano											
Mediciones	Dureza por par de suela (Shore-D)										
1	88	86	82	85	88	89	79	87	80	78	86
2	83	85	83	82	90	78	80	80	85	81	83
3	85	86	84	83	86	90	88	83	81	89	90
4	81	84	83	85	87	87	79	87	79	84	85
5	80	89	86	90	85	85	85	78	82	82	78
6	79	82	85	81	84	82	84	88	85	80	90
7	78	86	84	87	87	83	83	84	85	85	87
8	81	87	87	86	88	86	79	83	82	82	85
9	85	80	88	88	85	80	85	90	84	81	83
10	84	78	89	90	90	84	83	89	89	85	88

Fuente: elaboración propia, Microsoft Office Excel 2007.

