



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

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROLES DE  
PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE LA ESPUMA DE  
POLIURETANO, PARA LA INDUSTRIA MANUFACTURERA**

**Cynthia Lisbeth Alonzo García**

Asesorado por el Ing. Jorge Alberto Soto Bran

Guatemala, julio de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROLES DE PRODUCCIÓN  
PARA LA ELABORACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIURETANO, PARA  
LA INDUSTRIA MANUFACTURERA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA  
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**CYNTHIA LISBETH ALONZO GARCÍA**

ASESORADO POR EL ING. JORGE ALBERTO SOTO BRAN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, JULIO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIA	Inga. Mayra Grisela Corado (a.i)

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

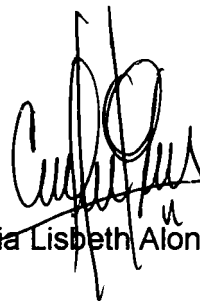
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Karla Lizbeth Martínez Vargas
EXAMINADOR	Ing. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Leonel Estuardo Godínez Alquiay
SECRETARIA	Inga. Mayra Grisela Corado (a.i)

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROLES DE PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIURETANO, PARA LA INDUSTRIA MANUFACTURERA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 27 de abril de 2009.



Cynthia Lisbeth Alonzo García


Guatemala, 19 de abril de 2010

Ingeniero  
Cesar Ernesto Urquizú Rodas  
Director de Escuela Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Urquizú:

Por este medio hago constar que he revisado el trabajo de graduación titulado: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROLES DE PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIURETANO PARA LA INDUSTRIA MANUFACTURERA, de la estudiante Cynthia Lisbeth Alonzo García con carné 2005-11949, de Ingeniería Industrial, donde he determinado el cumplimiento de todos los requisitos establecidos y por su importancia estimo conveniente su aprobación.

Atentamente,



Ing. Jorge Alberto Soto Bran  
Colegiado 1475  
JORGE ALBERTO SOTO BRAN  
ING. INDUSTRIAL  
COLEGIADO No. 1475



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROLES DE PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIURETANO PARA LA INDUSTRIA MANUFACTURERA**, presentado por la estudiante universitaria **Cynthia Lisbeth Alonzo García**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ingeniero Industrial

*Luis Gerardo González Castañeda*  
Colegiado No. 7814

Ing. Luis Gerardo González Castañeda  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, junio de 2010.

/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 **IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROLES DE PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIURETANO, PARA LA INDUSTRIA MANUFACTURERA**, presentado por la estudiante universitaria **Cynthia Lisbeth Alonzo García**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. Juan José Peralta Dardón  
DIRECTOR a.i.  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, junio de 2010.

/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: **IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROLES DE PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIURETANO, PARA LA INDUSTRIA MANUFACTURERA**, presentado por la estudiante universitaria **Cynthia Lisbeth Alonzo García**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, julio de 2010.



/gdech

### **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por abrirme las puertas para realizar mis estudios.
<b>La Facultad de Ingeniería</b>	Por darme los conocimientos necesarios para equiparme como una profesional.
<b>Mis grandes amigos:</b>	Por su comprensión, paciencia y consejos durante los años de convivencia en nuestra formación profesional.
<b>La Organización DIVECO, S. A.</b>	Por brindarme la oportunidad de realizar el estudio de este Trabajo de Graduación, y así demostrar los conocimientos obtenidos en mi formación académica.
<b>Ing. Noé Cano Campos Ing. Osman Danilo Vargas Pérez, y en especial al Señor Jorge Alberto Soto Bran</b>	Por compartir sus conocimientos y experiencias durante la asesoría del presente trabajo de graduación.

## **ACTO QUE DEDICO A:**

**Dios**

Fuente inagotable de luz, que siempre ha iluminado mi camino, fuente de sabiduría que me ha acompañado desde el inicio de mi vida, fuente de salud, que me ha dado la fuerza para continuar, a Él sea la gloria.

**Mi padre Ángel Adán  
Alonzo Pérez**

Por su amor, su esfuerzo, su comprensión, sus consejos, por el apoyo incondicional que me ha brindado, tanto moral como económico y por ser siempre el ejemplo de mi vida, todo mi amor y mi admiración.

**Mi madre Blanca  
Argentina García Pappa  
de Alonzo**

Por ser el pilar fundamental, que siempre me ha brindado todo su amor, su ternura, su cariño, su comprensión, su dedicación y apoyo incondicional, se logró este objetivo, la amo.

**Mis hermanas Caryn,  
Blanca, Silvia, Claudia,  
Priscila**

Por apoyarme e incentivarme a salir siempre adelante, por sus acertados consejos y brindarme su ayuda, muchas bendiciones.

**Mi hermano Ángel**

Por brindarme su gran apoyo y paciencia en el transcurso de mis estudios, muchas bendiciones y éxitos en su vida.

**Mis sobrinos Carolina,  
Waleska, Marco Antonio,  
Claudia, Jacobo, Josué,  
Andrés, Daniel, Laura y  
Andrea.**

Por su ayuda, cariño y comprensión en los momentos que más los necesité

Y a todas las personas que siempre me han demostrado su amistad, y que de alguna manera colaboraron en mi formación profesional y personal.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS.....</b>	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XV</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>XIX</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XXI</b>
<b>1. ANTECEDENTES GENERALES.....</b>	<b>1</b>
1.1 Historia del poliuretano .....	1
1.2 Tipos de poliuretano.....	3
1.2.1 Poliuretano rígido.....	3
1.2.2 Poliuretano flexible.....	5
1.2.3 Poliuretano moldeable.....	6
1.3 Diferentes usos del poliuretano.....	7
1.3.1 Área de refrigeración.....	8
1.3.2 Muebles en general.....	9
1.3.3 Accesorios y artículos en general.....	10
1.4 Materias primas utilizadas en la fabricación.....	11
1.4.1 Polioli.....	11
1.4.2 TDI.....	11
1.4.3 Cloruro de metileno.....	12
1.4.4 Silicona.....	12
1.4.5 Agua.....	13
1.4.6 Amina.....	13
1.4.7 Octoato.....	14

1.5 Zonas de confort.....	14
1.6 Maquinaria utilizada en el proceso de producción.....	14
1.6.1 Máquina espumadora.....	15
1.6.2 Laminado horizontal.....	15
1.6.3 Máquina corrugadora.....	16
1.7 Especificaciones y normas que las regulan.....	16
<b>2 SITUACIÓN ACTUAL.....</b>	<b>19</b>
2.1 Descripción del proceso de espumado.....	19
2.1.1 Dosificaciones de los componentes.....	24
2.1.2 Timers.....	24
2.1.3 Proceso de aire.....	24
2.2 Descripción del proceso de laminado.....	25
2.2.1 Dimensiones.....	25
2.2.2 Calidad del corte actual.....	27
2.3 Medidas de seguridad.....	29
2.3.1 Equipo de protección actual.....	30
2.3.2 Señalizaciones.....	31
2.4 Maquinaria y equipo.....	32
2.4.1 Accesorios actuales.....	35
2.4.2 Control actual de la maquinaria.....	36
<b>3 PROPUESTA DE MEJORA.....</b>	<b>37</b>
3.1 Área de espumado.....	51
3.1.1 Calibración proceso de espumado.....	58
3.1.1.1 Verificación de dosificación de los componentes.....	59
3.1.1.2 Verificación de los timers.....	61
3.1.1.3 Verificación de proceso de aire.....	61
3.1.2 Control de procedimiento en el proceso de espumado.....	61
3.1.2.1 Dosificación de químicos.....	62

3.1.2.2	Formulaciones.....	62
3.1.2.3	Control de maquinaria.....	62
3.1.2.4	Proceso de espumado.....	62
3.1.2.5	Proceso de curado.....	64
3.1.3	Controles de calidad en proceso de espumado.....	65
3.1.3.1	Toma de densidad.....	65
3.1.3.2	Toma de temperatura.....	65
3.1.3.3	Tamaño de celda.....	66
3.1.3.4	Porcentaje de rendimiento.....	66
3.2	Área de laminado .....	68
3.2.1	Controles de laminado.....	69
3.2.1.1	Dimensiones.....	69
3.2.1.2	Calidad de corte.....	70
3.2.1.3	Desperdicios.....	70
3.2.2	Control de maquinaria.....	71
3.2.2.1	Lubricaciones.....	71
3.2.2.2	Mantenimiento preventivo .....	72
3.2.2.3	Lubricación en general.....	72
3.3	Medidas de seguridad.....	73
3.3.1	Químicos.....	75
3.3.2	Contra incendios.....	76
3.3.3	Seguridad en maquinarias.....	77
3.3.3.1	Equipo de protección.....	78
<b>4</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA .....</b>	<b>81</b>
4.1	Bases necesarias para garantizar la funcionalidad del sistema de controles.....	81
4.1.1	Normas.....	82

4.1.2	Adaptaciones de los nuevos procedimientos.....	83
4.2	Prueba piloto del nuevo sistema de controles.....	85
4.2.1	Elaboración de formatos para el sistema de controles.....	86
4.2.1.1	Control semanal de formatos.....	87
4.2.1.2	Control quincenal de formatos.....	90
4.2.2	Elaboración de hoja de control de inventario de bodega de esponja.....	93
<b>5</b>	<b>SEGUIMIENTO PARA LA COMPROBACIÓN DE LAS MEJORAS PROPUESTAS Y ADAPTACIONES PARA LA PROLONGACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL SISTEMA.....</b>	<b>95</b>
5.1	Evaluaciones de efectividad del sistema de controles.....	95
5.1.1	Tiempo de entrega de producto terminado.....	95
5.1.2	Eficiencia y productividad del proceso.....	96
5.1.3	Desperdicios.....	97
5.2	Procedimiento de monitoreo evaluación del sistema.....	99
5.2.1	Índices de evaluación.....	100
5.2.1.1	Inventario en el sistema versus inventario físico.....	104
5.2.1.2	Evaluación de rendimientos en el sistema.....	105
5.3	Plan de mejoramiento continuo al sistema de controles de producción.....	106
5.3.1	Software para la agilización del sistema.....	106
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>111</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>113</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>115</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>117</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ejemplo de de una esponja de poliuretano flexible	5
2.	Ratón moldeable	6
3.	Ejemplo de uso de poliuretano	8
4.	Ejemplo de un sofá	9
5.	Ejemplo de construcciones con poliuretano	10
6.	Diagrama de elaboración de bloques	23
7.	Formas de espumado de esponja.	26
8.	Proceso de laminado y corrugado de láminas de esponja	28
9.	Laterales	28
10.	Proceso de laminado de cilindros de esponja	29
11.	Modelo de equipo de protección	30
12.	Modelo de señalización de la Industria	31
13.	Modelo de maquinaria de espumado	33
14.	Modelo de maquinaria de espumado	33
15.	Modelo de maquinaria de laminado	34
16.	Modelo de máquina para laminado vertical	34
17.	Modelo de máquina para corrugar	35
18.	Ruta crítica del flujo de elaboración de esponjas	49
19.	Flujo sincronizado del sistema de producción de esponjas	50
20.	Diagrama de elaboración de bloques modificado	53

21.	Proceso de espumado	63
22.	Área de curación	64
23.	Modelo de la señalización de la seguridad y salud industrial que se debe utilizar	75
24.	Modelo de los extinguidores a utilizar en la empresa	78
25.	Modelo de la seguridad y salud industrial que se debe utilizar	79

## TABLAS

I.	Dimensiones y rendimientos aproximados de cada tamaño de block	26
II.	Dimensiones y rendimientos aproximados de cada Cilindro según su densidad	27
III.	Ciclos de fabricación de las áreas que conforman el flujo de elaboración de esponjas	49
IV.	Diagrama de Gantt de los ciclos de fabricación de las áreas que conforman el flujo de elaboración de esponjas	50
V.	Ventas no atendidas	54
VI.	Costos de inventario en almacén	55
VII.	Costo de oportunidad por venta no atendida	55
VIII.	Medición sistemas de control con respecto a costos	56
IX.	Contribución neta	56
X.	Precios de equipos de seguridad sugeridos	57
XI.	Análisis de precios de equipos de seguridad sugeridos	57
XII.	Costo de ausencias por no usar el equipos de seguridad adecuado	58
XIII.	Control de accidentes	80
XIV.	Control de dosificación de componentes	87
XV.	Control de calidad de esponja	88
XVI.	Rendimiento de operarios	89
XVII.	Control de lubricación	90
XVIII.	Control de mantenimiento	91

XIX.	Control de mantenimiento preventivo	92
XX.	Control de inventario de bodega	94

## **GLOSARIO**

<b>Acojinamiento</b>	Es la propiedad de un cuerpo de ser flexible y dar confort.
<b>Acústicas</b>	Es una ciencia que estudia las cuestiones relativas al sonido, especialmente la generación y recepción de las ondas sonoras. Todo fenómeno sonoro consta de tres momentos: la producción, la propagación y la recepción del sonido.
<b>Bloques de esponja</b>	Modalidad de elaboración de esponja de forma cúbica, de la cual se extraen las láminas de este producto.
<b>Catalizador T-9</b>	Sustancia que modifica la velocidad de reacción. Por sus efectos, es positivo si aumenta la velocidad, y negativo, si la retarda.
<b>Ciclopentano</b>	Es un compuesto orgánico, de la familia de los ciclo alcanos, posee cinco moléculas de carbono y 10 moléculas de hidrogeno.

<b>Cilindro de esponja</b>	Modalidad de fabricación de esponja de forma cilíndrica, de la cual se obtienen rollos para el proceso de enguatado.
<b>Coalescencia</b>	Propiedad o capacidad de ciertas sustancias y cosas para unirse o fundirse con otras en una sola.
<b>Confort</b>	Sensación de acolchonamiento que una esponja puede otorgar a los muebles, accesorios, artículos que contengan esponjas para su creación.
<b>Densidad</b>	Cantidad de masa por unidad de volumen. En el sistema CGS se mide en g/cm <sup>3</sup> , en el sistema métrico, en kg/m <sup>3</sup> .
<b>Disocianato de Tolueno (T.D.I.)</b>	Líquido incoloro, inflamable, olor a benceno. Soluble en alcohol, benceno y éter. Se obtiene generalmente de la destilación del petróleo y alquitrán.
<b>Ergonómico</b>	Es una disciplina que busca que los humanos y la tecnología trabajen en completa armonía, diseñando y manteniendo los productos, puestos de trabajo, tareas, equipos, etc. en

	acuerdo con las características, necesidades y limitaciones humanas.
<b>Espumado</b>	Proceso de fabricación de esponja.
<b>Firmeza</b>	Sensación de rigidez de una esponja, al ser ensayada a compresión.
<b>Inocuo</b>	Cualquier ente que no produce daño.
<b>Inventario</b>	Oposición de un fluido a deformaciones tangenciales
<b>Lámina de esponja</b>	Plancha de esponja utilizada en la estructura de cualquier tipo de mueble, accesorios, tapicerías, etc.
<b>Manufactura Sincrónica</b>	Modalidad de la manufactura, que emplea un programa para asignarle el trabajo a cada estación, colocando inventario directamente frente a un cuello de botella, para garantizar un trabajo continuo; o en puntos específicos en la parte de abajo de un cuello de botella, para asegurar un flujo de productos.
<b>Mantenimiento Preventivo</b>	Es la programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación,

calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario.

**Miscible**

Que se puede mezclar, especialmente referido a líquidos solubles.

**Ocluido**

Cerrar un conducto, abertura u orificio de un cuerpo de manera que no se pueda abrir de forma natural: se ocluyó el intestino.

**Odorizadores**

Es una sustancia que dota olor a un recinto.

**Poliol**

Modalidad del alcohol usado, en el proceso de espumado.

**Polimerización**

Proceso químico por el cual mediante el calor, la luz o un catalizador se unen varias moléculas de un compuesto para formar una cadena de múltiples unidades de carbono y obtener una molécula de gran tamaño.

**Proceso de Curado**

Es el proceso de reposo de un aislante térmico o de un polímero para consolidación de la estructura física del mismo.

<b>Radicales Alquilo</b>	Son ramificaciones de estructuras de carbohidratos orgánicos, es decir, cuando tienen una cadena de carbonos y una especie de ramificación (un carbón sólido) es llamada un radical de alquilo porque se genera cuando un carbón enlazado con dos carbonos.
<b>Rendimiento</b>	Es una proporción entre el resultado obtenido y los medios que se utilizaron. Se trata del producto o la utilidad que rinde alguien o algo. Aplicado a una persona, el término también hace referencia al cansancio o a la falta de fuerzas.
<b>Share de mercado</b>	Porcentaje de participación de un producto en determinada región.
<b>Silicona</b>	Resina derivada de los compuestos orgánicos del silicio. Propiedades: gran estabilidad al calor, a la oxidación y a los ácidos; también buenas propiedades dieléctricas. Tiene diversos usos en la industria.

<b>Stock</b>	Existencia de algún producto almacenado.
<b>Surfactante</b>	Cualquier sustancia o producto que reduce la tensión interfacial entre dos superficies en contacto.
<b>Throughput</b>	Velocidad a la que el sistema genera dinero a través de las ventas.
<b>Timer</b>	Dispositivo de uso industrial para una descarga de una cantidad de producto determinada a partir de un tiempo establecido.
<b>Transpirabilidad</b>	Capacidad que tiene un tejido de que el vapor de agua lo atraviese.
<b>Viscoso</b>	Es la oposición de un líquido a deformaciones tangenciales.

## RESUMEN

Los avances tecnológicos después de la Segunda Guerra Mundial han sido muy importantes, con máquinas capaces de elaborar poliuretanos utilizados como materia prima en la industria actual.

Los sistemas de poliuretano son muy variables y permiten una gama amplísima de aplicaciones. Lo bueno con los poliuretanos es que proceden únicamente de dos productos: el petróleo y el azúcar, para luego obtener un proceso químico de transformación, dos componentes básicos, llamados genéricamente isocianata y polioli. La mezcla en las condiciones adecuadas de estos dos componentes nos proporcionará, según el tipo de cada uno de ellos, una espuma para aislamiento, rígida, o bien una espuma flexible, un elastómero, un rígímero o una espuma semirígida. Otros aditivos dentro pueden actuar dentro de la estructura molecular de la espuma y mantener su prestación a lo largo del tiempo.

Unos ejemplos más claros de los productos que utilizan el poliuretano va depender del estado en la cual lo queremos, en el caso del poliuretano rígido están: aislamiento e impermeabilización de techos, losas, muros divisorios y acústicos, frigoríficos y bodegas, refuerzo estructural paneles, aislamiento de conductos de agua caliente, ductos de calefacción, carrocerías de camiones y microbuses, bases de firmes de azotea como antirruidos e impermeabilizante. Para el poliuretano flexible encontramos los usos para el acojinamiento en muebles, colchones, bajo alfombras e interiores de automóviles. Y para el uso del poliuretano moldeable encontramos que se puede usar en la sala o industrias muy ruidosas para evitar emisiones acústicas, en objetos que se

desean moldear, un ejemplo es un diseño de un Mouse que es ergonómico elaborado de poliuretano moldeable.

Medida que la industria de producción de poliuretano crece, ya que es necesario optimizar los procesos para la minimización de costo, y una mayor producción a la vez.

Por medio de una evaluación y comparación que se ha dado a estas industrias podemos comparar su situación con la del Síndrome del Palo de Jockey, en donde nos damos cuenta que las empresas de producción en serie que es una de las formas que se elabora la espuma caen en una consecuencia del desconocimiento de un principio que se cumple en todas estas empresas en donde las fluctuaciones aleatorias son irrecuperables si los sucesos son dependientes y las empresas empiezan a precipitarse para cumplir con las cuotas al final del período de tiempo, y empieza a darse este síndrome.

Es por ello que se debe crear una planificación de procesos productivos para solucionarlo, y se debe de recurrir a aumentar el inventario en proceso colocando piezas en espera de ser procesadas delante de todas las máquinas, de forma que, si una de ellas se estropea, las demás no se vean obligadas a parar.

Por lo que utilizamos los seguimientos que nos indica la teoría de restricciones para solucionar, dentro del cual es importante que se haga un estudio o una medición del desempeño de la empresa que se puede ver desde dos puntos muy importantes.

Una es la medición financiera que ve la capacidad de una empresa para hacer dinero por medio de la utilidad neta, el rendimiento sobre la inversión y el flujo de efectivo, en la cual se deben de utilizar juntas. La otra medición es la operativa en donde se estudia la demanda atendida que es la tasa a la cual el dinero es generado por el sistema a través de las ventas, estudia los inventarios y los gastos operativos. En la cual no se debe de descuidar ninguna de las mediciones.

Implementando estas evaluaciones y sistemas de controles, se puede mejorar la elaboración de la espuma de poliuretano.



## **OBJETIVOS**

### **GENERAL:**

Crear un nuevo sistema de controles de producción que agilice la fabricación del producto y reduzca los costos de inventario en proceso.

### **ESPECÍFICOS:**

1. Determinar los inconvenientes en el proceso para la elaboración de la espuma de poliuretano para eliminarlos o mantenerlos en control.
2. Establecer los procesos y procedimientos en el área de espumado para que el sistema sea aplicable.
3. Implementar medidas de seguridad en el área de espumado para evitar que el operario tenga accidentes.
4. Optimizar la eficiencia y productividad en el proceso para que haya mayor elaboración de esponjas.
5. Elaborar un documento de apoyo en el diseño e implementación de sistemas de control de producción.

6. Reducir los desperdicios al fabricar la esponja, con el fin de alcanzar la mayor parte de la materia prima posible.
7. Implementar un sistema de control de órdenes de producción, apertura, ejecución y cierre de las mismas.
8. Estandarizar el control de producción del área de esponja para que su elaboración sea más sencilla y fácil de operar por un trabajador.

## **INTRODUCCIÓN**

Actualmente, en la manufactura de un producto es preciso cumplir con los estándares de calidad deseados, utilizando los recursos y materias primas adecuadas, al más bajo costo posible, ya que la competencia en el mercado cada vez va aumentando por la Globalización, o sea, que los productos competirán con otros países, por lo cual uno debe de estar preparado teniendo tecnología de punta y que los procesos de producción se lleven a cabo con la máxima eficiencia posible, con un buen rendimiento y una óptima utilización de recursos, es decir, con productividad. En cualquier tipo de industria existen una serie de variables a controlar, con lo cual se puede obtener una mejor forma de producir.

Es frecuente que la industria salga al mercado para mantener una diversidad de modelos para ser competitivos, por lo que se debe seguir innovando y además, es necesario que se optimicen los sistemas de control de la producción, ya que en el país existen altas industrias. Debemos optar por nuevas tecnologías y procesos, ya que vivimos en un ambiente de constante cambio en la cual hay que salir a combatir.

Para lograr competir con las mejores compañías reconocidas a nivel nacional e internacional de fabricación de esponjas, es necesario diseñar un sistema de controles de producción de espuma poliuretano para esponjas de calidad y que mantenga mayor confort para el cliente. Un sistema de control de producción de espumado, ayudaría a reducir tiempos y costos en el proceso de elaboración de esponjas para cualquier industria que necesite utilizarla.

Además se muestra el proceso para realizar el diagnóstico de la situación actual, en cuanto a la elaboración de espumado para la creación de esponjas, y posteriormente lo compara y propone una nueva opción según los métodos enseñados en la ingeniería para implementar un nuevo sistema de controles.

## **1. ANTECEDENTES GENERALES**

### **1.1 Historia del poliuretano**

El descubrimiento de los poliuretanos se remonta al año 1937, gracias a las investigaciones desarrolladas por Otto Bayer en los laboratorios de IG Farben, en Leverkusen -Alemania-. La producción industrial empezó en 1,940. Se empezó a utilizar en los años 50, ya que antes no existían máquinas capaces de procesarlos. Sin embargo, y debido a la falta de recursos por la Segunda Guerra Mundial, la producción creció muy lentamente.

Desde entonces, ha evolucionado de tal forma que, hoy en día, el poliuretano forma parte de nuestro modo de vida: muchos colchones son de poliuretano, en los automóviles (volantes, spoilers, alerones, asientos, salpicaderos, también como amortiguación de vibraciones y ruidos, entre otros). Existen multitud de piezas hechas con poliuretano: las suelas del calzado sobretodo deportivo, muchos muebles se fabrican con sistemas de poliuretano, ayudando así a la conservación de nuestros bosques; en ingeniería médica se utilizan poliuretanos para la fabricación de piezas que se usarán en trasplantes y ortopedias; también en la ingeniería aeroespacial y, por supuesto, en la construcción, la industria del frío (en tuberías, cámaras frigoríficas, neveras y criogenia) y en otros muchos sectores.

Desde el punto de vista ecológico, y desde que tuvieron lugar los acuerdos del Protocolo de Montreal, los sistemas de poliuretano cumplen la normativa y exigencias respecto a la utilización de productos clorados que ataquen la capa de ozono. De esta forma, y desde 1 de enero de 2004, los sistemas de poliuretano no utilizan los llamados HCFC's, sino productos

alternativos (hidrocarburos, HFC's y agua), que son productos totalmente permitidos.

Los sistemas de poliuretano son muy versátiles y permiten una gama amplísima de aplicaciones. Curiosamente, proceden únicamente de dos productos: el petróleo y el azúcar, para obtener después de un proceso químico de transformación, dos componentes básicos, llamados genéricamente **isocianata y poliol**. La mezcla en las condiciones adecuadas de estos dos componentes nos proporcionará, según el tipo de cada uno de ellos, una espuma para aislamiento, rígida, o bien una espuma flexible, un elastómero, un rígímero o una espuma semirígida.

Otros aditivos, catalizadores, plastificantes, antioxidantes, activadores y en especial los ignífugantes, están diseñados para actuar dentro de la estructura molecular de la espuma y mantener su prestación a lo largo del tiempo.

La mezcla de los dos componentes poliol e isocianata, que son líquidos a temperatura ambiente y que habitualmente se efectúa con una maquinaria específica, produce una reacción química exotérmica. Esta reacción química se caracteriza por la formación de enlaces entre el poliol y el isocianato, consiguiendo una estructura sólida, uniforme y muy resistente. Además, el calor que desprende la reacción puede utilizarse para evaporar un agente hinchante que rellena las cedillas que se forman, de tal modo que se obtiene un producto sólido, que posee una estructura celular, con un volumen muy superior al que ocupaban los productos líquidos. Es lo que denominamos espumas de poliuretano.

## **1.2 Tipos de poliuretano**

El poliuretano es una resina sintética que se caracteriza por su escasa permeabilidad a los gases, alta resistencia química, excelente aislamiento eléctrico.

La espuma de poliuretano se forma básicamente por la reacción química de dos compuestos, un Polioliol y un isocianato, aunque su formulación necesita y admite múltiples variantes y aditivos. Dicha reacción libera dióxido de carbono, gas que va formando las burbujas.

El poliuretano se puede clasificar con los siguientes tres tipos:

### **1.2.1 Poliuretano rígido**

El poliuretano rígido es un material sintético duroplástico, altamente reticulado espacialmente y no fusible. En las densidades habituales, para aislamiento térmico, el poliuretano contiene solamente una pequeña parte del volumen de materia sólida -con una densidad de 30 kg/m<sup>3</sup>, sólo el 3% del volumen aproximadamente es materia sólida-.

Existen dos sistemas de obtención: La proyección, que consiste en la pulverización al unísono de los dos componentes sobre una superficie y la Colada, en la que se mezclan físicamente por batido.

El poliuretano rígido es obtenido por proyección que presenta una estructura celular predominantemente cerrada. El porcentaje de células cerradas se sitúa por encima del 90%.

La densidad del poliuretano rígido por proyección para aislamiento térmico está comprendida, y normalizada en Normas UNE 92120-1 y 92120-2 según la aplicación, entre 30 y 55 kg/m<sup>3</sup>, aunque para aplicaciones especiales pueden utilizarse densidades más altas, 100, 200 o más bajas como 10, 12, 15 que son espumas acústicas.

La alta capacidad aislante del poliuretano rígido por proyección no se consigue en la construcción con ningún otro material aislante conocido. Esta característica especial se debe a la muy baja conductividad térmica que posee el gas espumante ocluido en el interior de las células cerradas.

El poliuretano rígido tiene su utilización generalmente como aislantes.

○ **Propiedades del poliuretano rígido:**

- Elevado poder aislante a pesar de utilizar espesores reducidos.
- Aplicaciones posibles en un elevado margen de temperaturas.
- Peso reducido.
- Transformación simple y económica.
- Propiedades mecánicas elevadas.
- Óptima resistencia al envejecimiento.
- Estabilidad química y biológica.
- Posibilidad de ajustar la resistencia a la compresión y a la flexión.
- Ausencia de goteo en caso de incendio.

El uso del poliuretano rígido es utilizado en: aislamiento e impermeabilización de techos, losas, muros divisorios y acústicos, frigoríficos y

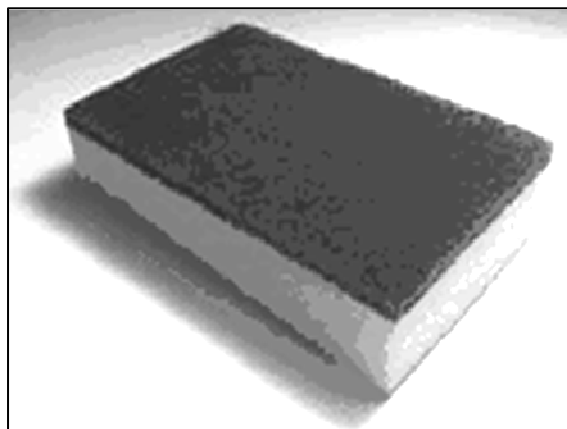
bodegas, refuerzo estructural paneles, aislamiento de conductos de agua caliente, ductos de calefacción, carrocerías de camiones y microbuses, bases de firmes de azotea como antirruidos e impermeabilizante.

### **1.2.2 Poliuretano flexible**

Esta técnica emplea la dosificación y bombeo simultáneo de las materias primas, las cuales se preparan en un número de componentes líquidos o caudales que van al cabezal de mezcla y posteriormente son descargadas como un líquido viscoso que se esparce sobre una banda transportadora, en donde se da comienzo al crecimiento de la espuma hasta su altura final.

Los principales usos del poliuretano flexible son en acojinamiento en muebles, colchones, bajo alfombras e interiores de automóviles.

**Figura 1.** Ejemplo de una esponja de poliuretano flexible



Fuentes: [www.australmarket.com.ar/esponja.htm](http://www.australmarket.com.ar/esponja.htm)

### 1.2.3 Poliuretano moldeable

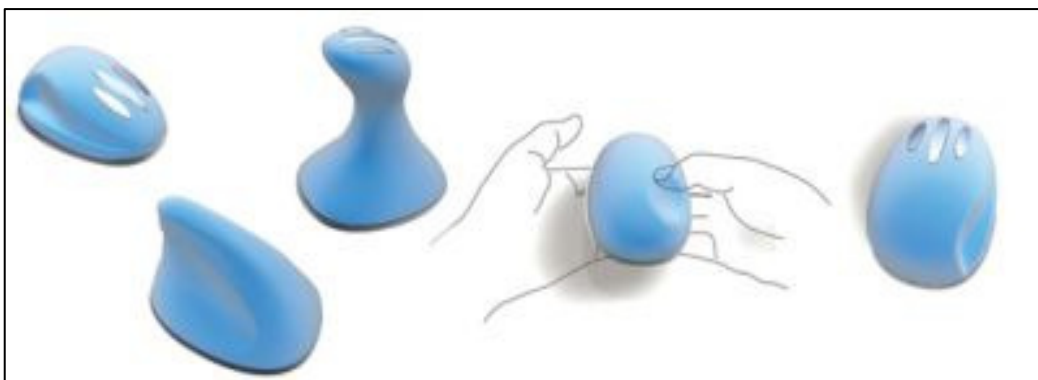
Es un plástico resistente al desgaste, ofreciendo libertad de diseño necesario para los productos de alta tecnología, garantiza una extraordinaria estabilidad dimensional y, además, se puede procesar en series reducidas a bajo coste. El poliuretano moldeable puede crearse en variedad de cosas que se desea dar forma.

Se puede usar en la sala o industrias muy ruidosas para evitar emisiones acústicas una fuente de sonido de precisión y resuelve muchos problemas de los emisores de sonido convencionales.

Objetos que se desean moldear, un ejemplo es un diseño de un Mouse que es ergonómico elaborado de poliuretano moldeable.

El sistema de fabricación de poliuretano moldeable puede ser por medio de espumado frío, ya que apenas liberan calor en la reacción, se utilizan para crear piezas a partir de moldes; como rellenos de otros artículos; aislantes. Se fabrican mediante una espumadora sencilla, que consiste en un dispositivo mezclador. Su costo es mayor que los demás clasificaciones

**Figura 2.** Ratón moldeable



Fuentes: [blogvecindad.com/que-tal-un-raton-que-se-puede-moldear-en-cualquier-forma/2008/01/30](http://blogvecindad.com/que-tal-un-raton-que-se-puede-moldear-en-cualquier-forma/2008/01/30)

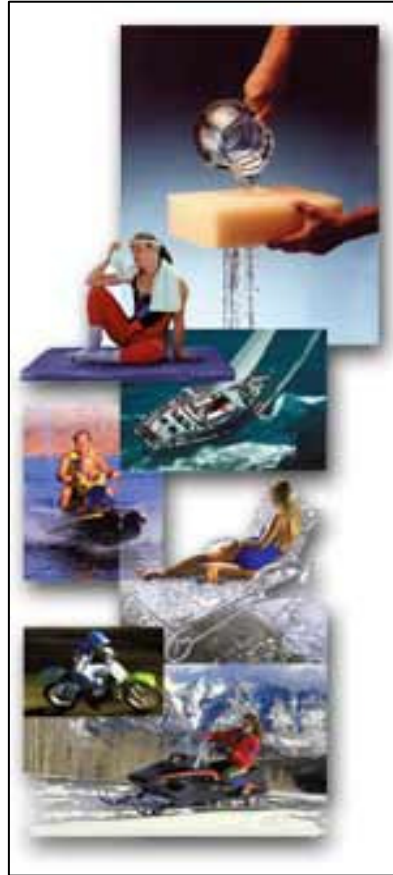
### **1.3 Diferentes usos del poliuretano**

El poliuretano es utilizado en miles de productos, sirviendo a consumidores, empresas, industrias, la salud, centros de investigaciones y fuerzas armadas alrededor del mundo. Aplicaciones típicas de filtración se pueden encontrar en la industria automovilística, electrodomésticos, pequeños motores y filtros cerámicos, entre otros. Se usan también en las grillas para micrófonos, cubiertas para estantes refrigerados en supermercados, aplicación de fluidos, vaporizadores, coalescencia, tratamiento de esgotos (substrato para microorganismos), y en cientos de otros productos y procesos.

Existe un sin número de aplicaciones que usan el poliuretano reticulada, - es decir un poliuretano transformados para su uso -. Algunas son más conocidas que otras, como ser aplicadores de suelas de calzado y lustradores, grillas para micrófonos, escobillones de fregar pisos, odorizadores, filtros de aire acondicionado y esponjas. En usos industriales, la resistencia física, facilidad de corte y resistencia química de las espumas de poliuretano reticuladas permite que sean usadas en filtración, protección, sellado, absorción de sonidos, amortiguación de vibraciones, paños de limpieza y otros procesos especializados.

En piezas metálicas moldadas, esta espuma de poliuretano reticulada constituye el material usado en la fabricación de filtros cerámicos para eliminar impurezas en el proceso de moldaje metálico. En este caso, funciona como un substrato catalítico que se sacrifica en el proceso, el cual se impregna primero con una pasta cerámica y después se somete a una cocción para remover la espuma y fusionar la cerámica. De esta manera, se crea una pieza de cerámica rígida que ofrece pasajes rigurosos apta para remover las impurezas cuando el metal fundido es vertido a través del filtro durante el proceso de moldaje metálico.

**Figura 3.** Ejemplo de uso de poliuretano



Fuente: <http://prousa.com/catalogo/images/Usosdepoliuretano.JPG>

### **1.3.1 Área de refrigeración**

La espuma de poliuretano que se usa en el sistema de refrigeración funciona como aislante térmico para el control de las temperaturas, resulta de la reacción entre el isocianato y el polioliol a altas presiones. Para que la espuma sea favorable en su uso industrial cuenta con un agente expansivo que por la alta temperatura que alcanza la reacción se evapora llenando por completo las celdas proporcionando una espuma rígida y con un volumen de casi 35 veces

de los componentes del inicio, así como un medio de aislamiento efectivo en la industria de refrigeración.

Este agente expansivo cuando es utilizado el refrigerante 141-b no daña la capa de ozono, pero ayuda al calentamiento global, por lo que sigue siendo perjudicial a nuestro medio ambiente, en cambio el ciclopentano que actúa de igual manera como un agente expansivo pero por ser un combustible inocuo no dañará ni la capa de ozono ni acelerará el calentamiento global.

### 1.3.2 Muebles en general

La espuma de poliuretano es un material muy versátil, ya que según los aditivos y los sistemas de fabricación utilizados, se pueden conseguir características muy distintas y espumas destinadas a usos muy diferentes, para usar en los muebles en general se utiliza la espuma poliuretano flexible. Algunos ejemplos de los lugares en que se puede utilizar la espuma de poliuretano es: Asientos de sofás y sillas, relleno de acolchados, entre otros.

**Figura 4.** Ejemplo de un sofá



Fuente:

<http://www.mhhealthcare.es/html/es/product/view.php?productId=939&PHPSESSID=9d2acbf6fc804d1466c6dc993f335467>

### 1.3.3 Accesorios y artículos en general

La espuma de poliuretano también es utilizado en accesorios y artículos que uno puede encontrar en una oficina o en su casa. Algunos ejemplos podrían ser: zapatos, filtros de aire acondicionado, esponjas, construcciones, paños de limpieza, entre otros.

**Figura 5.** Ejemplo de construcciones con poliuretano



Fuente:

[http://www.aacporcinos.com.ar/img\\_porcinos/soluciones\\_hidrotermicas\\_establecimiento\\_porcin\\_o2.jpg](http://www.aacporcinos.com.ar/img_porcinos/soluciones_hidrotermicas_establecimiento_porcin_o2.jpg)

## 1.4 Materias primas utilizadas en la fabricación

Los principales materiales que se utilizan para la fabricación de espuma de poliuretano son el poliol, TDI, cloruro de metileno, silicona y agua.

### 1.4.1 Poliol

Los polioles son alcoholes con más de dos grupos hidroxilo. La fórmula química general es:  $C_nH_{2n+2}O_n$ . Un poliol es un carbohidrato que contiene más grupos hidroxilo que el azúcar al cual está asociado. Por ejemplo, si un grupo hidroxilo reemplaza al grupo cetona de una cetosa o al grupo aldehído de una aldosa se obtiene un alcohol de azúcar. Así de la manosa se obtiene manitol, de la glucosa se obtiene glucito que es conocido como sorbitol.

### 1.4.2 TDI

TDI significa Toluen – Dis - Isocianato. A veces prepolimerizados -pre-iniciado-, con un contenido de grupos NCO que puede variar desde el 18 al 35% en funcionalidad. Algunos son color café, muy viscosos eso está entre 3000-5000 cps-Viscosímetro Brookfield, y otros son casi transparentes y fluidos. En ocasiones son mantenidos en atmósfera seca de nitrógeno. Tienen además propiedades adhesivas muy apreciadas, por lo que también sirven de aglomerantes para fabricar bloques poli-material.

Los isocianatos producen efectos adversos en los seres humanos, algunos de ellos pueden ser agudos y crónicos con diversas sintomatologías: una serie de efectos, agudos y crónicos.

- **Agudos:** Sensibilización cutánea –dermatitis- y respiratoria –asma-, irritación de ojos, nariz y garganta; bronquitis; bronco-espasmo y edema

pulmonar; asfixia por formación de cianmetahemoglobina -el isocianato es derivado del ácido cianhídrico-.

- **Crónicos:** Sensibilización cutánea y respiratoria; asma ocupacional; cáncer.

A la hora de evaluar la exposición a los isocianatos, hay que tener en cuenta una cuestión fundamental, este tipo de tareas casi siempre se subcontrata a una empresa especializada.

### 1.4.3 Cloruro de metileno

Es un líquido volátil no inflamable, transparente, pesado e incoloro de leve aroma dulce, también conocido como diclorometano. El cloruro de metileno no se presenta de forma natural en el medio ambiente. Su fórmula es  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ .

- Sin punto de inflamación, con arreglo a los procedimientos de ensayo normalizados
- Completamente miscible con una amplia gama de disolventes
- Elevado poder de disolución
- Excelentes propiedades de reciclado
- Altamente estable
- Elevada pureza

### 1.4.4 Silicona

Es un polímero inodoro e incoloro hecho principalmente de silicio. La silicona es inerte y estable a altas temperaturas, lo que la hace útil en gran variedad de aplicaciones industriales, como lubricantes, adhesivos,

impermeabilizantes, y en aplicaciones médicas, como prótesis valvulares cardíacas e implantes de mamas.

Compuesto que disminuye la tensión superficial de los líquidos proporcionando los siguientes efectos:

- Mezcla eficiente
- Estabilización de la espuma
- Control de tamaño de celda

#### **1.4.5 Agua**

Este componente es utilizado para hacer reaccionar los demás químicos y hace que crezca y produzca un espumado.

#### **1.4.6 Amina**

Es un compuesto químico orgánico que se consideran como derivados del amoníaco y resultan de la sustitución de los hidrógenos de la molécula por los radicales alquilo. Según se sustituyan uno, dos o tres hidrógenos, las aminas serán primarias, secundarias o terciarias, respectivamente.

El amina en la combinación del poliol y el TDI es un activador. Esto puede aprovecharse para regular según las exigencias planteadas el curso de la reacción y de la espumación.

#### **1.4.7 Octoato**

Es un catalizador metálico en la mezcla. Es una sustancia que modifica la velocidad de reacción.

### **1.5 Zonas de confort**

La firmeza es una medida de las características de la superficie del poliuretano. El soporte es la capacidad de “empujar” contra un peso y que previene que la espuma se deforme. Las espumas de mayor densidad previenen que la espuma se colapse con el peso del cuerpo en aplicaciones finales.

Se suele utilizar mucho la densidad para comparar las distintas espumas, pero solo sirve como elemento comparativo cuando hablamos de espumas con la misma composición, ya que distintas fórmulas nos dan características diferentes. En unas espumas buscaremos una zona de confort en la que le podemos clasificar en las siguientes características como tal: la mayor duración posible, en otras el precio más económico, en otras la transpirabilidad, la capacidad aislante, la facilidad de perfilar o dar forma, la ligereza.

### **1.6 Maquinaria utilizada en el proceso de producción**

Hay una diversidad de estilos y marcas para utilizar en el proceso de producir espuma poliuretano, las empresas toman la elección de buscar una maquinaria que tenga la capacidad de producir o elaborar la espuma que necesitan para cubrir el mercado y conforme a la capacidad de dinero que tienen para invertir en ellas.

Las máquinas en una forma genérica pueden ser explicadas, según su funcionalidad de la siguiente forma:

#### **1.6.1 Máquina espumadora**

La máquina espumadora se utiliza para la elaboración de la espuma de poliuretano en donde tiene varias partes que son necesarias mencionar: contiene moldes de varios tamaños en forma de un cubo y de un cilindro, en donde se coloca la mezcla de los componentes químicos y reacciona, siendo así que se produce la espuma de poliuretano, el panel de control contiene timers donde se ingresan las fórmulas con las que se desean trabajar, se encuentran unos depósitos en donde se contienen los componentes químicos que se utilizan.

#### **1.6.2 Laminado horizontal**

La máquina laminadora horizontal es la máquina que se utiliza para hacer cortes horizontales a los bloques para hacer planchas. Estos cortes se pueden programar en el panel de la máquina, estas máquinas pueden ser manuales en donde el trabajador será el que gradúa los grosores en que se van a laminar los bloques y los cortes, hay maquinaria que son automáticas en donde se pueden programar los cortes y el operador solo deberá de supervisar que la maquinaria este funcionando bien y que haga correctamente los cortes y hay máquinas que contiene estas dos opciones descritas anteriormente y a la vez nueva opción que es la semi-automática que se realiza algunas cosas manualmente y otras se la trabaja la máquina sola.

### 1.6.3 Máquina corrugadora

La máquina corrugadora es la que corruga la esponja, es una máquina que se utiliza después de usar la máquina de laminado horizontal para hacer un mayor confort al artículo, objeto, accesorio o mueble en el que se va a utilizar, eso dependerá de lo que el cliente desea obtener. Esta máquina es utilizada para hacer esponja corrugada que se utiliza en empresas en donde se elaboran almohadas, colchones, entre otros.

## 1.7 Especificaciones y normas que las regulan

En la aplicación de la espuma de poliuretano es esencial determinar el espesor necesario para cada solución constructiva y, por esta razón, el responsable de la obra debe atenerse a los requisitos establecidos en las siguientes normas:

**Norma UNE 92120-1** de sistemas para espumas de poliuretano aplicadas “in situ” fija que no puede ser más desfavorable que E (~M3).

Los fabricantes de sistemas tienen que acreditar mediante certificado de ensayo hasta que el espesor máximo cumple sus diferentes sistemas en las diferentes clasificaciones según las diferentes condiciones o aplicaciones finales de uso.

**Norma UNE 92120-2:98:** Productos de Aislamiento Térmico para Construcción. Espuma rígida de Poliuretano producida in situ.

Parte 1: Especificaciones para los sistemas de poliuretano antes de la instalación.

Parte 2: Especificaciones para el producto instalado.

**Norma UNE 92120-2** indica que se han de tomar dentro de la superficie diez puntos, cinco de espesor alto y otros cinco aparentemente de espesor bajo. Esta norma es utilizada para medir el espesor.

**Norma UNE 92310:2003:** Criterios de Medición y Cuantificación para Trabajos de Aislamiento Térmico en Instalaciones Industriales y en Edificación. Espuma rígida de poliuretano producida in situ por proyección.

**Norma UNE-EN 13501 (UNE 23727):** Clasifica la espuma de poliuretano desde C,s3-d0 hasta E con protección ante el fuego. Esta norma admite ensayos en condición de aplicación final de uso, esto es, si la espuma va a ir recubierta por otro material (cartón yeso, fibrocemento, plancha metálica, entre otros), el ensayo y la clasificación se realizará montando las probetas de esta forma.

**Norma UNE-EN 1609:1997:** Describe un ensayo para la espuma rígida de poliuretano para absorción de agua.

**RP 20.06:** Reglamento particular de la Marca N de AENOR para la Aplicación de Espuma Rígida de Poliuretano *in situ*.



## **2. SITUACIÓN ACTUAL**

El diseño actual del proceso de elaboración de la espuma de poliuretano y la venta del mismo está dirigido a mantener un stock en la bodega de producto terminado, con la finalidad de alcanzar eficiencias operativas en planta.

Dichas eficiencias han sido calculadas, diaria y semanalmente, con base en un pronóstico mensual de ventas. Sin embargo, este diseño no contempla la proporcionalidad de modelos, tamaños y densidades, necesaria para brindar disponibilidad de producto en el momento que el cliente así lo requiera.

Esta situación no permite que el proceso de producción sea flexible a las exigencias inmediatas del mercado, eleva los costos de inventario de producto terminado e inventario en proceso, e impide que el tiempo de respuesta a un pedido sea el menor posible.

### **2.1 Descripción del proceso de espumado**

En el área de espumado se realizan las mezclas de los componentes para lograr una adecuada espuma de poliuretano.

El proceso de espumado es muy sencillo cuando se sabe cómo hacer, simplemente hay que tener precaución para evitar algún accidente con los químicos que se utilizan.

Los ingredientes se dosifican y se mezclan en cantidades y proporciones adecuadas estos, deben mantenerse a una temperatura constante. La reacción se inicia al cabo de un poco tiempo y transcurre con desprendimiento de calor a eso se le denomina reacción exotérmica.

El proceso de espumado se puede dividir en la siguiente manera:

- **Tiempo de mezclado o tiempo de agitación:**

Indica el tiempo necesario para lograr una mezcla homogénea de los reactivos.

Durante el mezclado se generan pequeñas burbujas de aire en la mezcla líquida que actúan como agentes iniciadores de la espumación.

- **Tiempo de crema o tiempo de arranque:**

Es el tiempo transcurrido desde el inicio del mezclado de los reactivos hasta el inicio visible de la espumación de la mezcla. En muchos casos se aprecia por un claro cambio del color. Si las mezclas son de reacción lenta, se requiere una mirada experimentada.

Este se da después de un corto período de inducción de los gases de expansión, empiezan a expandirse dentro de las pequeñas burbujas de aire, tomándolas y dándoles a la mezcla de espuma, una apariencia "cremosa".

El tiempo que transcurre desde que se empieza la mezcla hasta que aparece la crema y empieza a crecer, se conoce con el nombre de "tiempo de crema", que suele fluctuar entre 6 a 15 segundos.

- **Tiempo de hilo:**

A medida que se van generando más gases de expansión, la espuma sigue creciendo y simultáneamente se hace más viscosa con la polimerización en la fase líquida. El número total de burbujas permanece razonablemente constante mientras la espuma crece.

Indica la transición de la mezcla reaccionante del estado líquido al sólido. Equivale al punto de gel. Cuando se llega a este momento se calcula que la reacción ha alcanzado un grado de conversión del 50%. El tiempo de hilo se mide clavando repetidamente una varilla de madera en la mezcla reaccionante ya muy expandida y retirándola de nuevo y observando cuándo la varilla sale arrastrando hilos de material. La medición del tiempo se inicia con el mezclado.

- **Tiempo de expansión y el tiempo de ausencia de pegajosidad:**

Una vez alcanzado el tiempo de hilo, la espuma modera su velocidad de expansión.

El tiempo entre el inicio del mezclado y el final de la expansión visualmente apreciable se llama tiempo de expansión. Una vez finalizada la expansión de la espuma, su superficie continúa siendo pegajosa. El momento de ausencia de pegajosidad se determina tocando repetidamente la superficie

de la espuma con una varilla de madera o con el dedo. El tiempo transcurrido desde el inicio del mezclado hasta la ausencia de pegajosidad se llama tiempo de ausencia de pegajosidad.

La reducción de la tensión superficial, producida por el surfactante de silicona, hace que la mezcla de componentes sea más homogénea y evita que las burbujas coalescan.

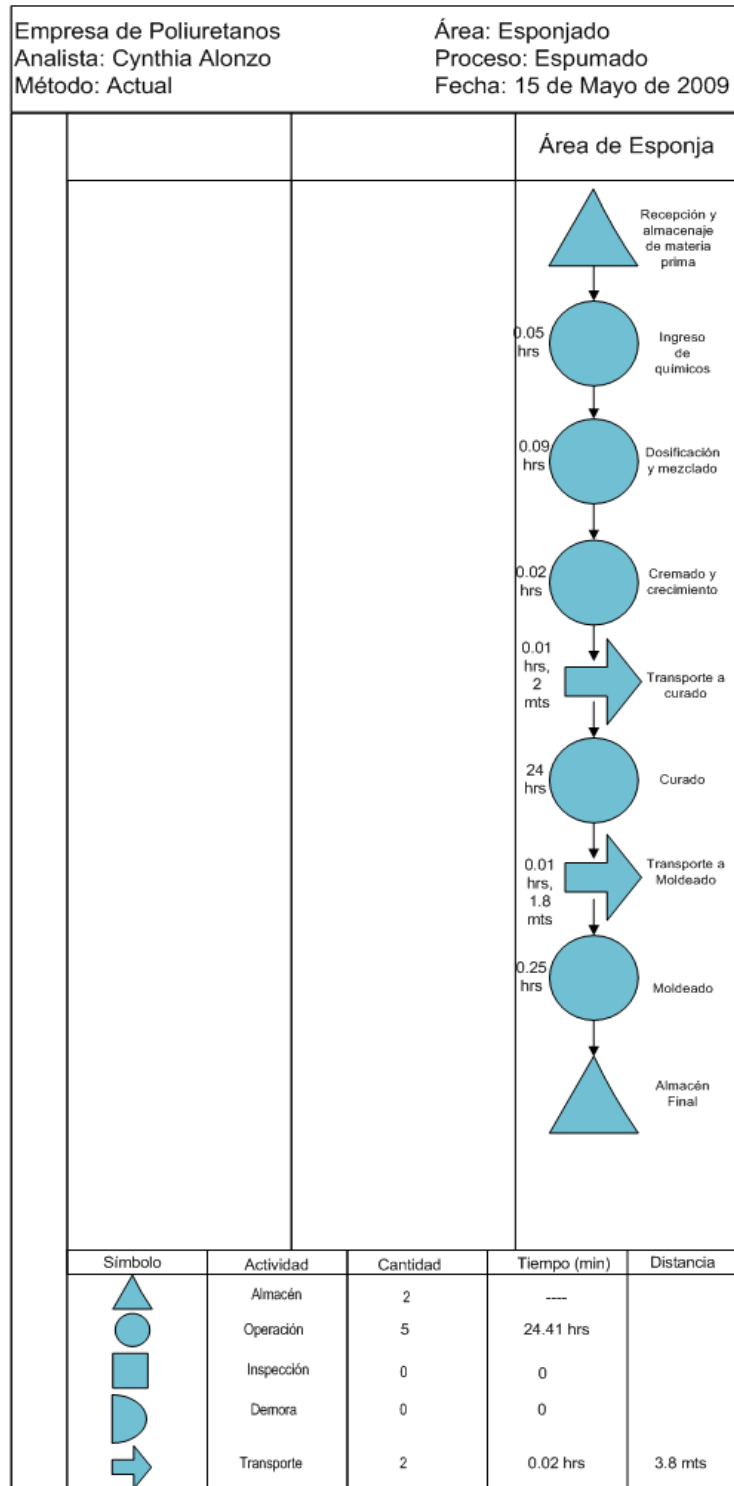
Los bloques de espuma en este proceso es llevado al área de curado, donde deben permanecer por lo menos 24 horas, para asegurar una reacción de polimerización total en donde se da todo este tiempo de ausencia de pegajosidad.

El área de almacenamiento debe tener:

- Buena ventilación, que incluya sistema eficiente de extracción
- Un sistema de rociado de agua de gran potencia
- Distribución adecuada para que el personal pueda evacuarse fácilmente en caso de fuego.

Diariamente se puede espumar 100 bloques por el poco tiempo que se utiliza para que los componentes reaccionen y se empiece a espumar, el problema es el período de curación que necesita 24 horas o más dependiendo la situación o temperatura del ambiente para que repose el bloque y esté listo para utilizar, es por eso que los pedidos necesitan por lo menos dos días de anticipación para poderles hacer el producto deseado y sacarle el pedido.

**Figura 6.** Diagrama de elaboración de bloques



Fuente: Cynthia Alonzo

### **2.1.1 Dosificación de los componentes**

Los componentes que elabora el espumado se hacen por medio de fórmulas que contienen tiempos, en los cuales se configuran en la máquina, para que cada timer funcione debe de agregarle el tiempo que corresponda, y a la hora de hacer la mezcla de los componentes, el espumado sea el ideal para elaborar la esponja.

Generalmente, para hacer el espumado se arranca con la corriente de Polioli. Seguida del agente de expansión, la silicona y los catalizadores y por último el Isocianato.

### **2.1.2 Timers**

Son los aparatos de la máquina en donde uno debe colocar el tiempo necesario que se desea que contenga el componente de la mezcla y para ello se necesita una fórmula, que va dependiendo del confort, la suavidad y la densidad deseable que las esponjas contengan, ya que los timers controlan de una manera adecuada los tiempos que los líquidos que caerán en los moldes para hacer el espumado adecuado.

### **2.1.3 Proceso de aire**

El proceso de aire es la presión de aire en PSI que debe mantener la máquina de espumado para que se mantenga en buen funcionamiento, esta presión debe de estar constante durante su funcionamiento.

Las temperaturas de cada uno de los depósitos de los componentes químicos se deben mantener en nivel para que no produzca una reacción diferente en los químicos y no reaccionen bien a la hora del espumado, ya que eso producirá que algunas burbujas estallen de una manera inadecuada y que a la hora de hacer los cortes se desperdicie mucho material.

La temperatura en el área de curado también debe de mantenerse en nivel para que no haya problemas a la hora de curación del espumado.

## **2.2 Descripción del proceso de laminado**

En el área de laminado es donde ya la espuma después de mantenerse en el área de enfriamiento con un período de curación de por lo menos 24 horas, se obtiene los bloques de esponjas, luego las esponjas deben de llevar un proceso de ser cortados y lograr un buen laminado de esponja para ser utilizado en diferentes accesorios, muebles, entre otros.

### **2.2.1 Dimensiones**

Se tomaran las dimensiones de las cuales se desean, eso dependerá del tipo de artículo que se desea elaborar, pero antes de elaborar el bloque conforme al molde de la esponja, primero se debe de tener medidas de alto, ancho, para luego darle el grosor por medio del proceso de laminado.

La fabricación de esponja se da en dos formas, de acuerdo con su posterior utilización:

- Blocks
- Cilindros

**Figura 7.** Formas de espumado de esponja.



Fuente: Cynthia Alonzo

Por ejemplo: Si se necesitan muebles, se deberá medir cuanto de esponja necesitan para elaborar el mueble, luego hacer los cortes y el estilo.

Las dimensiones y rendimientos de cada Block de esponja se pueden ver en la siguiente tabla.

**Tabla I.** Dimensiones y rendimientos aproximados de cada tamaño de Block

Tamaño (Block)	Largo	Ancho	Altura	Laminas por Block (unidades)
	75"	40"	40"	40 unidades
	75"	48"	40"	40 unidades
	76"	55"	40"	40 unidades
	77 1/2"	60"	40"	40 unidades
	78"	80"	40"	40 unidades

Fuente: Manual de especificaciones de la empresa en estudio. s.p.

De igual manera, obsérvense las dimensiones y el rendimiento de cada Cilindro de esponja en la siguiente tabla.

**Tabla II.** Dimensiones y rendimientos aproximados de cada cilindro según su densidad

Densidad (Cilindro)	Diámetro	Altura	Yardas laminadas por cilindro	Espesor laminado
15 kg / m <sup>3</sup>	50"	90"	144 yardas	1/2"
16 kg / m <sup>3</sup>	50"	90"	144 yardas	1/2"
17 kg / m <sup>3</sup>	50"	90"	144 yardas	1/2"
18 kg / m <sup>3</sup>	50"	85"	72 yardas	1"
19 kg / m <sup>3</sup>	50"	85"	72 yardas	1"
20 kg / m <sup>3</sup>	50"	85"	72 yardas	1"
21 kg / m <sup>3</sup>	50"	85"	72 yardas	1"
22 kg / m <sup>3</sup>	50"	85"	72 yardas	1"

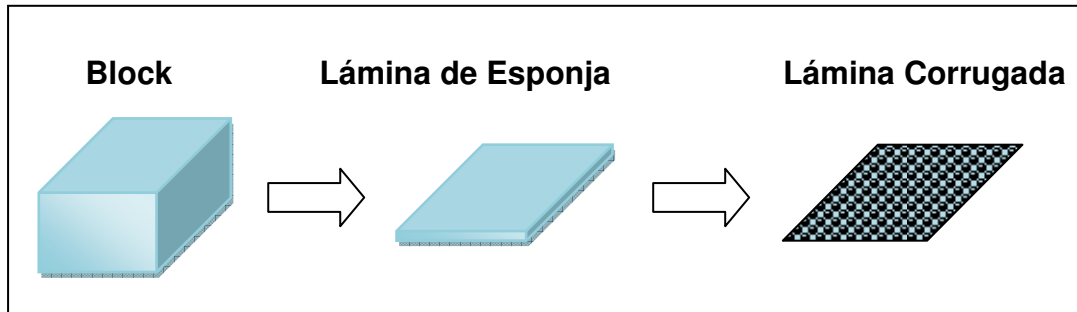
Fuente: Manual de especificaciones de la empresa en estudio. s.p.

### 2.2.2 Calidad del corte actual

El corte de los blocks se hace por medio de la máquina laminadora horizontal, cuya función es cortar los blocks dependiendo del grosor que se deseen en forma horizontal hasta finalizar con el block, su corte es bueno, pero a veces los bloques salen con orificios que indican un mal espumado.

En el caso de modelos que emplean esponja corrugada, las láminas deben pasar un proceso adicional de corrugado inmediatamente después de ser laminadas. Los moldes usados para la fabricación de bloques de esponja se relacionan con los tamaños.

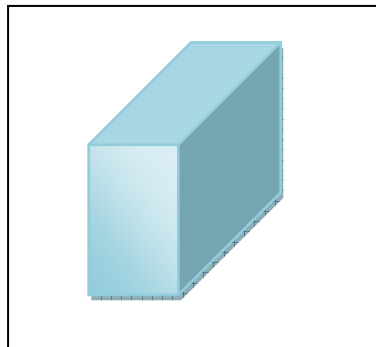
**Figura 8.** Proceso de laminado y corrugado de láminas de esponja



Fuente: Cynthia Alonzo

Para hacer laterales se usa no solo la máquina laminadora horizontal, sino para hacer el grosor se necesitara utilizar la máquina vertical que hace un corte vertical, a lo que se le hizo horizontalmente para que quede con grosor.

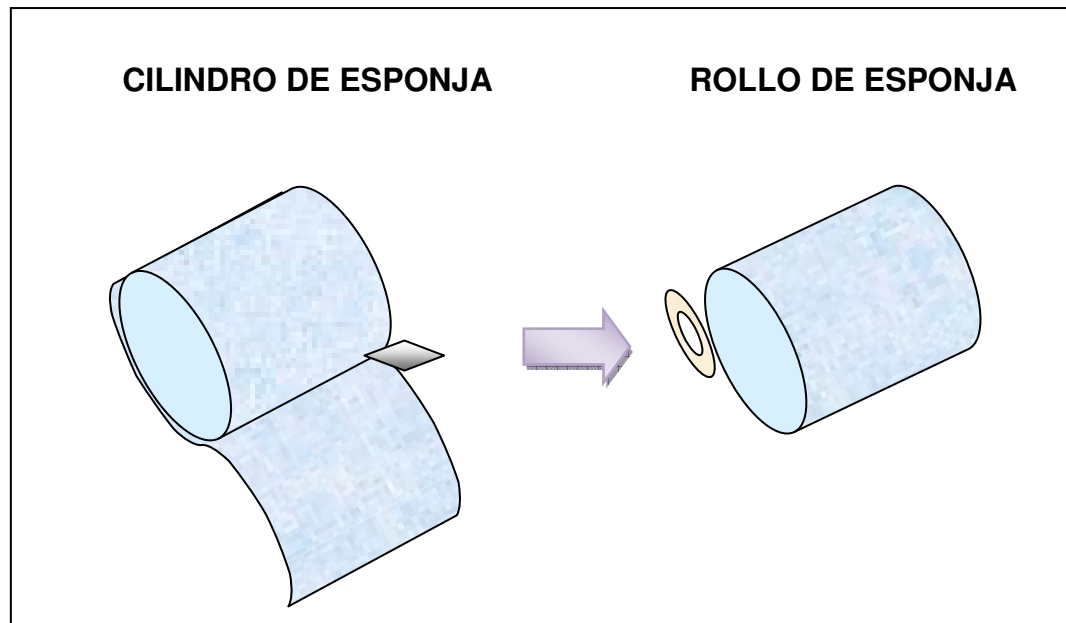
**Figura 9.** Laterales



Fuente: Cynthia Alonzo

Para la elaboración de cilindro de esponja el bloque cilindrado se hace un orificio en el centro en donde se coloca un tubo para luego laminar el bloque.

**Figura 10.** Proceso de laminado de cilindros de esponja



Fuente: Cynthia Alonzo

### **2.3 Medidas de seguridad**

Se usan varios equipos de seguridad en el área de producción, como por ejemplo: en el área de dosificación y mezclado existen muchos componentes químicos a los cuales los operarios están expuestos y es por ello que deben de tener su equipo, además están expuestos a cuchillas en el área de laminado, siendo muy peligroso con el riesgo de lesiones, por lo que la conservación adecuada de los equipos de seguridad y la revisión periódica de estos es muy importante.

### 2.3.1 Equipo de protección actual

El equipo de protección que usa un operario para la elaboración de espuma de poliuretano su principal función es requerida para la seguridad del operario y prever algún accidente a la hora de su trabajo.

Actualmente los operarios usan el siguiente equipo:

- Guantes
- Mascarillas
- Zapatos corcho
- Vestuario adecuado (incluyendo la camisa dentro del pantalón)

**Figura 11.** Modelo de equipo de protección actual



Fuente: [http://www.maravica.com/images/banner\\_equipos2.jpg](http://www.maravica.com/images/banner_equipos2.jpg),  
<http://www.monografias.com/trabajos76/riesgos-operaciones-industriales-prevencion/image020.gif>

En el área de espumado lo más indispensable es que mantengan guantes y mascarillas por los olores y cuando se mezclan pueden caerles en las manos y son peligrosos, en el área de laminado es indispensable los guantes cuando los operarios están laminando la esponja, pero los operarios lamentablemente no desean usar la mascarilla en todo el proceso de la mezcla de los componentes por la incomodidad que les proporciona, entonces solo lo usan cuando el olor es demasiado fuerte. El inconveniente es que todos los equipos están deteriorados por el uso constante de los operarios.

### 2.3.2 Señalización

En el área se encuentran señales en donde muestran lo que debe y no puede hacerse de una manera muy superficial en donde están ubicado los extinguidores, los equipos de seguridad que se deben de utilizar. Además carece de una adecuada señalización de rutas de evacuación ante posibles siniestros.

**Figura 12.** Modelo de señalización de la industria actualmente



Fuente: [http://www.centroindustrial.com/productos\\_seguridad\\_industrial.html](http://www.centroindustrial.com/productos_seguridad_industrial.html)

## **2.4 Maquinaria y equipo**

En la fabricación de esponjas se encuentran diferentes áreas donde se necesitan maquinarias distintas para hacer el correspondiente proceso.

Las máquinas de espumado son las que se utilizan para hacer la mezcla de los componentes químicos, en la cual se deposita en un molde ya sea por bloque o por cilindro en donde las mezclas empiezan a reaccionar y crecer de una manera rápida hasta lograr la forma deseada.

Hay un panel de control en donde se ingresan los tiempos de las fórmulas de las mezclas de los componentes para hacer el espumado deseado, dependiendo del trabajo que se requiere varían las fórmulas para que el espumado sea de diferentes densidades.

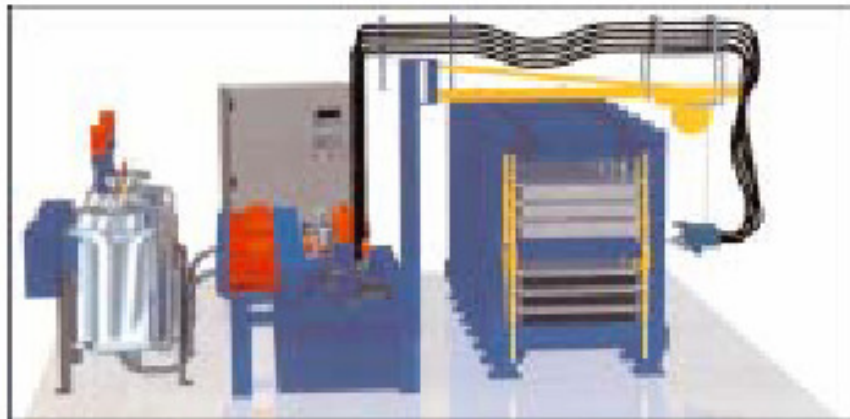
En el área de laminado se usa la máquina laminadora horizontal que hace el grosor de las láminas de los bloques, después se puede utilizar la máquina corrugadora cuando el trabajo lo requiere para corrugar las laminas, estas son utilizadas para darles un distinto uso a la esponja, se puede usar por ejemplo en la elaboración de almohadas o colchones. También se utiliza la máquina laminadora vertical que se usa para hacer laterales conjuntamente con la máquina horizontal, para que salgan los bloques, además la máquina laminadora vertical y horizontal son utilizadas para cortar la primera capa del bloque que no mantiene las condiciones establecidas y se vuelve desperdicio.

**Figura 13.** Modelo de maquinaria para espumado



Fuente: [www.directindustry.es/cat/otras-maquinas-y-equipos-de-produccion/dosificacion-equipos-accesorios-AQ-122-\\_151.html](http://www.directindustry.es/cat/otras-maquinas-y-equipos-de-produccion/dosificacion-equipos-accesorios-AQ-122-_151.html)

**Figura 14.** Modelo maquinaria para espumado en vista lateral



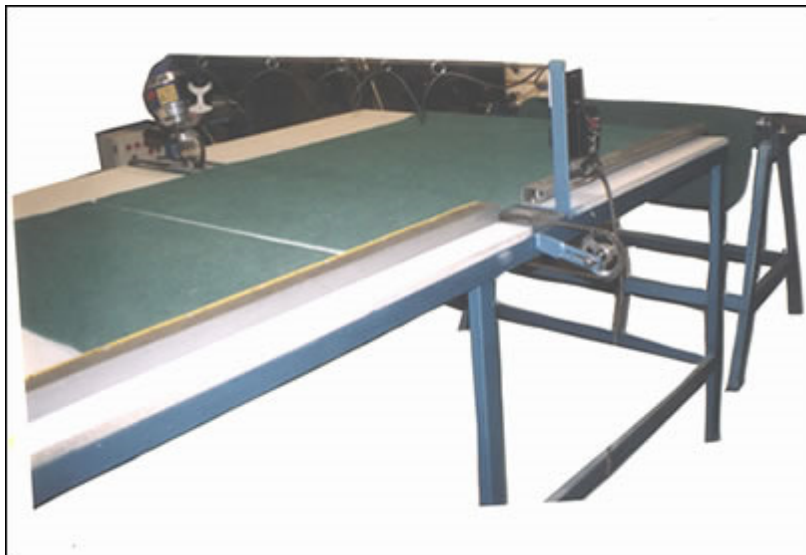
Fuente: [www.directindustry.es/cat/otras-maquinas-y-equipos-de-produccion/dosificacion-equipos-accesorios-AQ-122-\\_151.html](http://www.directindustry.es/cat/otras-maquinas-y-equipos-de-produccion/dosificacion-equipos-accesorios-AQ-122-_151.html)

**Figura 15.** Modelo de maquinaria para laminado horizontal



Fuente: [www.directindustry.es/cat/otras-maquinas-y-equipos-de-produccion/dosificacion-equipos-accesorios-AQ-122-\\_151.html](http://www.directindustry.es/cat/otras-maquinas-y-equipos-de-produccion/dosificacion-equipos-accesorios-AQ-122-_151.html)

**Figura 16.** Modelo de máquina para laminado vertical



Fuente: [www.directindustry.es/cat/otras-maquinas-y-equipos-de-produccion/dosificacion-equipos-accesorios-AQ-122-\\_151.html](http://www.directindustry.es/cat/otras-maquinas-y-equipos-de-produccion/dosificacion-equipos-accesorios-AQ-122-_151.html)

**Figura 17.** Modelo de máquina de corrugado



Fuente: [www.directindustry.es/cat/otras-maquinas-y-equipos-de-produccion/dosificacion-equipos-accesorios-AQ-122-\\_151.html](http://www.directindustry.es/cat/otras-maquinas-y-equipos-de-produccion/dosificacion-equipos-accesorios-AQ-122-_151.html)

#### **2.4.1 Accesorios actuales**

Los accesorios utilizados para elaborar la esponja son los siguientes:

- Lubricadores
- Espátulas
- Montacargas
- Termocoplas
- Alicates
- Termómetro digital
- Llaves de cola y corona
- Llaves allen
- Metros
- Pesas
- Cintas adhesivas

Los lubricadores son utilizados para lubricar la maquinaria algunos lubricadores son utilizados después de trabajar con la maquinaria para limpiarla, y otros se utilizan para hacer su lubricación semanal.

Las espátulas son utilizadas en el área de espumado para quitar los residuos de la espuma polietileno en todos los moldes que se usan, ya que quedan adheridos a los lados.

El montacargas es utilizado para transportar los químicos que se necesitan, y las planchas de esponjas al área de almacenaje.

Los termocoplas al igual que los termómetros digitales son utilizados para medir la temperatura que mantienen los bloques en el proceso de curado.

Los alicates y llaves para asegurar las maquinarias, cuando se necesite reparar alguna parte de ella o sea necesario aflojar alguna parte.

Las pesas son utilizadas para las tapaderas de los cilindros. Y el metro se usa para medidas en el área de espumado.

#### **2.4.2 Control actual de la maquinaria**

En cada máquina hay un operario encargado de supervisar el manejo de las maquinarias y los usos que se le dan. En el caso de la máquina espumadora es muy especial, pues hay un encargado para ingresar las fórmulas para que salga la mezcla de ella y solo él podrá tocar el panel de control para realizar el proceso.

### **3. PROPUESTA DE MEJORA**

En este capítulo se analizará el funcionamiento de los controles de producción para la elaboración de la espuma de poliuretano para la industria manufacturera desde dos puntos de vista. El primero consistirá en observar todas las áreas que conforman el proceso en análisis, como un sistema. En el segundo punto de vista se entrará en detalle por cada área, estudiando cada uno de sus procesos relacionados, con el fin de proponer mejoras que contribuyan a su optimización y mejorar la distribución de maquinarias para su efectividad.

#### **Visto como sistema el proceso de elaboración de espuma de poliuretano:**

El proceso de elaboración de espuma poliuretano puede ser tratado con fabricación sincronizada, que se refiere que todo el proceso trabaje junto, para alcanzar los objetivos de la empresa. Se debe mencionar que el objetivo primordial de toda compañía de manufactura u otro tipo de empresas es el productividad y rentabilidad, aunque existen otros objetivos, como: desarrollar tecnología, producir bienes de alta calidad, generar fuentes de trabajo y de negocios con redes de proveedores, clientes y distribuidores. Sin embargo, para garantizar la sostenibilidad de la empresa a largo plazo todos objetivos deben trabajar conjuntamente.

La lógica de la manufactura sincrónica trata de coordinar todos los recursos, de manera que éstos trabajen juntos en forma armónica o que estén sincronizados, para equilibrar el flujo del producto, en vez de las capacidades.

En este estado sincrónico, el énfasis está en el desempeño total del sistema y no en las medidas de desempeño localizadas, tales como la utilización de la mano de obra o de las máquinas.

La manufactura sincrónica se deriva de la Teoría de las Restricciones de Goldratt (TOC, Theory of Constraints), que brinda las siguientes reglas sobre la programación de la producción:

- No equilibre la capacidad, equilibre el flujo.
- El nivel de utilización de un recurso sin cuello de botella no se determina por su propio potencial sino por alguna otra restricción del sistema.
- La utilización y la activación de un recurso no son la misma cosa.
- Una hora perdida en un cuello de botella es una hora perdida para todo el sistema.
- Una hora ahorrada en un no embotellamiento es un espejismo.
- Los cuellos de botella rigen tanto el throughput o demanda atendida como el inventario en el sistema.
- El lote de transferencia no puede y, muchas veces, no debe ser igual al lote del proceso.
- Un lote de proceso debe ser variable tanto a lo largo de su ruta como en el tiempo.

- Las prioridades pueden fijarse únicamente examinando las restricciones del sistema. El plazo se deriva del programa.

Las consecuencias que se dan en una empresa pueden ser fundamentadas por **El Síndrome del Palo de Jockey**, que es una consecuencia del desconocimiento de un principio que se cumple en todas las empresas de producción en serie -las fluctuaciones aleatorias son irreversibles si los sucesos son dependientes- y las empresas empiezan a precipitarse para cumplir con las cuotas al final del período de tiempo. Si el período de tiempo es un mes, se trata de un síndrome de final de mes; si el período es un trimestre, es un síndrome de final de trimestre.

Este problema se describe como un palo de jockey, porque se parece a éste: con un extremo relativamente plano y una elevación larga y rápida como un manubrio. La razón de que esto sea un problema es básicamente el caos que se presenta al final del mes. El sistema nunca funciona de manera uniforme; cada uno trabaja bajo presión durante la primera parte plana del ciclo, al igual que durante el final del ciclo. La causa del problema es que se están empleando dos series de mediciones:

Al comienzo del período se utilizan mediciones locales de la eficiencia contable de los costos. Esto estimula la minimización de las preparaciones a través de lotes grandes. Sin embargo, a medida que se acerca el final del mes, la presión aumenta para cumplir una serie diferente de mediciones, esto es, una serie que se refiere al desempeño financiero. Las mediciones se formulan en términos tales como dólares de producción embarcada. En los estados financieros, estas mediciones se expresan como utilidades, rendimientos sobre la inversión y flujo de efectivo. Tan pronto como pasa el final del mes con sus horas extras diarias, su trabajo durante los fines de semana, sus expediciones

constantes y sus ajustes de equipo frecuentes orientados a sacar el producto, la presión disminuye y todos vuelven a mirar las mediciones contables de los costos estándares y utilización, y así se repite el ciclo.

Algunos procesos industriales se pueden considerar dependientes, es decir, una etapa de producción depende de la etapa anterior, ya que si ésta última no le envía material, no puede procesarlo.

Las pequeñas variaciones de tiempo que se producen no se pueden recuperar.

Por ejemplo, se puede decir que en una línea de producción que dispone de 5 máquinas idénticas, con una capacidad de 1 unidad por hora.

Las máquinas son: E1, E2, E3, E4 y E5

Si se estropea una máquina durante una hora la línea nunca será capaz de recuperar ese tiempo y la producción será menor que la esperada.

Estos pequeños desajustes en el tiempo de producción que no tienen por qué ser tan acusados como una avería, se producen a menudo durante el mes, por lo que al final de este intervalo, la planificación prevista no se cumple. El indicador que permite controlar la evolución de esas pequeñas paradas o pérdidas de rendimiento ya se estudió.

Es por ello que se debe crear una planificación de procesos productivos para solucionarlo, y se debe recurrir a aumentar el inventario en proceso colocando piezas en espera de ser procesadas delante de todas las máquinas,

de forma que, si una de ellas se estropea, las demás no se vean obligadas a parar.

Es por eso que la teoría de restricciones nos lleva a que tomemos los siguientes pasos:

- Identificar las restricciones del sistema. No es posible ningún mejoramiento a menos que se encuentre la limitación o el nexo más débil.
- Decidir en qué forma se deben explotar las restricciones del sistema. Hacer las restricciones efectivas como sea posible.
- Subordinar todo lo demás a esa decisión. Alinear cada una de las demás partes del sistema para apoyar las restricciones, incluso si ello reduce la eficiencia de los recursos no limitados.
- Elevar las restricciones del sistema. Si la producción sigue siendo inadecuada, adquirir más de este recurso para que ya no sea una restricción.
- Si en los pasos anteriores se han roto las restricciones, volver al paso I, pero no permitir que la inercia se convierta en la restricción del sistema. Después de que este problema de restricción sea resuelto, volver al comienzo y empezar de nuevo. Éste es un proceso de mejoramiento permanente; identificar las restricciones, romperlas y, luego, identificar las nuevas que resulten.

## **a) Medición del desempeño**

Para medir de manera adecuada el desempeño de una empresa, deben utilizarse dos series de mediciones: Por medio del área financiera y la otra por medio del área operativa, en la cual los resultados darán a conocer como se encuentra la situación de la empresa.

### **a.1) Mediciones financieras**

Mide el capital de la empresa y la capacidad que tiene para hacer dinero, en la cual hay tres medidas que podemos utilizar:

a.1.1) Utilidad neta: Es una medición absoluta que tiene una empresa en quetzales o dólares en relación a sus ventas.

a.1.2) Rendimiento sobre la inversión: una medida relativa basada en la inversión.

a.1.3) **Flujo de efectivo =** una medida realizable = capital de trabajo

Estas tres medidas deben utilizarse juntas. Una utilidad neta de la empresa de Q8 millones es importante como medición, pero no tiene significado real hasta saber cuánta inversión hubo que hacer para generar esos Q8 millones. Si la inversión fue de US\$10 millones equivalente aproximadamente a Q80 millones, este es un rendimiento sobre la inversión del 10%. El flujo de efectivo es importante porque el efectivo es necesario para pagar las cuentas de las operaciones diarias; sin efectivo, una compañía puede ir a la quiebra incluso si es muy sólida en términos contables normales. Una empresa puede

tener altas utilidades y altos rendimientos sobre la inversión pero quedarse corta en efectivo si, por ejemplo, las utilidades se invierten en nuevos equipos o están vinculadas al inventario.

Inversión	Q 80,000,000.00
Rendimiento	10%
<b>Utilidad Neta</b>	<b>Q 8,000,000.00</b>

### **a.2) Mediciones operativas**

Estas son las mediciones que se hacen en el nivel operativo, ya que las mediciones financieras funcionan bien en el más alto nivel, para ello se necesita otra serie de mediciones que darán orientación:

#### **I. Indicadores operativos:**

- a) Demanda atendida o throughput: tasa a la cual el dinero es generado por el sistema a través de las ventas.
- b) Inventario: todo el dinero que el sistema ha invertido en comprar cosas que intenta vender.
- c) Gastos operativos: todo el dinero que el sistema gasta para cambiar el inventario a demanda atendida o throughput.

La demanda atendida o throughput se define específicamente como los bienes vendidos. Un inventario de bienes terminados no es la demanda atendida sino el inventario; se deben registrar las ventas reales. Se define específicamente de esta manera para evitar que el sistema siga produciendo

con la ilusión de que los bienes puedan venderse. Tal medida simplemente incrementa los costos, aumenta el inventario y consume efectivo. El inventario que se lleva ya sea trabajo en proceso o bienes terminados se valora sólo según el costo de los materiales que contiene. Los costos de la mano de obra y de las horas de maquinaria se ignoran. En términos contables tradicionales, el dinero gastado se llama valor agregado.

Aunque éste es con frecuencia un punto discutible, el hecho de utilizar sólo el costo de las materias primas es una idea conservadora. Al utilizar el método del valor agregado que incluye todos los costos de producción, el inventario se infla y presenta algunos problemas de ingresos y balance. Considérese, por ejemplo, un inventario de trabajo en proceso o de bienes terminados que se ha vuelto obsoleto o para el cual un contrato se ha cancelado.

Una decisión gerencial difícil es declarar grandes cantidades de inventario como material de desecho, porque con frecuencia, se llevan en los libros como activos, e incluso, aunque realmente ya no tengan valor. El hecho de utilizar sólo el costo de las materias primas también evita el problema de determinar qué costos son directos y cuáles son indirectos.

Los gastos operativos incluyen los costos de producción (mano de obra directa, mano de obra indirecta, costos de mantenimiento del inventario, depreciación de los equipos y materiales y suministros utilizados en la producción) y los costos administrativos. La diferencia clave aquí es que no hay necesidad de separar la mano de obra directa y la indirecta.

Tal como se indicó anteriormente, el objetivo de la empresa es tratar las tres mediciones de manera simultánea y continua; esto alcanza el objetivo.

Desde el punto de vista de las operaciones, el objetivo de la empresa es: "Incrementar la demanda atendida o throughput y de manera simultánea reducir el inventario y reducir el gasto operativo".

## II. Productividad:

Las empresas miden la productividad global basándose en un número definido de "centros de utilidades " que representan en forma adecuada la actividad real de la empresa.

La fórmula se convierte entonces en:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción A} + \text{Producción B} + \text{Producción N...}}{\text{Insumos empleados}}$$

Finalmente, otras empresas miden su productividad en función del valor comercial de los productos.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Ventas netas de la empresa}}{\text{Salarios pagados}}$$

Todas estas medidas son cuantitativas y no se considera en ellas el aspecto cualitativo de la producción, ya que un producto debería ser bien hecho la primera vez y responder a las necesidades de la clientela. Todo costo adicional (reinicios, refabricación, reemplazo reparación después de la venta) debería ser incluido en la medida de la productividad. Pues generan costos ocultos o procesos adicionales a una producción en línea.

Para probar si la productividad ha aumentado, es necesario preguntarse lo siguiente: ¿Las medidas tomadas han incrementado la demanda atendida? ¿Han disminuido el gasto operativo? Esto conduce a una nueva definición: “Productividad son todas las medidas que llevan a la compañía más cerca de sus objetivos”.

### **III. Capacidad desbalanceada:**

Históricamente (y aún de manera típica en la mayoría de las empresas), los fabricantes han tratado de balancear la capacidad a través de una secuencia de procesos en un intento por igualar la capacidad con la demanda del mercado. Sin embargo, esto es un error; la capacidad desbalanceada es mejor. El reto es utilizar esta diferencia de manera ventajosa.

Por ejemplo, una línea de proceso simple con varias estaciones. Una vez que la tasa de producción de la línea ha sido establecida, la gente de producción trata de igualar las capacidades de todas las estaciones. Esto se logra ajustando las máquinas o los equipos utilizados, las cargas de trabajo, la habilidad y el tipo de trabajo asignado, las herramientas utilizadas, el tiempo extra presupuestado.

Sin embargo en la manufactura sincrónica, la igualación de todas las capacidades se ve como una mala decisión. Tal equilibrio sería posible sólo si los tiempos de producción de todas las estaciones fueran constantes o tuvieran una distribución muy estrecha. Una variación normal en los tiempos de producción hace que las estaciones de abajo tengan tiempos de inactividad cuando las estaciones de arriba se toman más tiempo en el proceso.

De manera inversa, cuando las estaciones de arriba procesan en un tiempo más corto, el inventario entre las estaciones aumenta. El efecto de la variación estadística es acumulativo. La única manera de que esta variación se pueda uniformar es incrementando el trabajo en proceso para absorber la variación o incrementar las capacidades de abajo para compensar los tiempos más largos de arriba. La regla aquí es que las capacidades dentro de la secuencia del proceso no deben balancearse en los mismos niveles. Más bien, debe intentarse balancear el flujo de producto a través del sistema. Cuando el flujo está balanceado, las capacidades están desbalanceadas.

Cada sistema de producción necesita algún punto o puntos de control para verificar el flujo de productos a través del mismo. Si el sistema contiene un cuello de botella, éste es el mejor lugar para el control. Este punto de control se llama tambor porque lleva el pulso que el resto del sistema o aquellas partes que influencia utiliza para funcionar.

Recuérdese que un cuello de botella se define como un recurso que no tiene la capacidad de satisfacer la demanda. En consecuencia, un cuello de botella está trabajando todo el tiempo y una razón para utilizarlo como punto de control es que garantiza que las operaciones de arriba no producen demasiado ni crean un inventario excesivo de trabajo en proceso que el cuello de botella no pueda manejar).

Manejar el cuello de botella es lo más crítico y el análisis se enfoca en el hecho de garantizar que el cuello de botella tenga siempre trabajo para hacer.

Existen dos cosas que se deben hacer con este cuello de botella:

a) Mantener un inventario de amortiguación frente a éste para garantizar que siempre tenga algo sobre lo cual trabajar. Dado que se trata de un cuello de botella, su producción determina el throughput o demanda atendida del sistema.

b) Volver a comunicarle arriba al área que inicia el sistema, lo que el área Tambor ha producido, para que la primera de las nombradas suministre sólo esa cantidad. Esto evita que el inventario aumente.

Esta comunicación se llama cuerda. Puede ser formal como un programa o informal como un análisis diario.

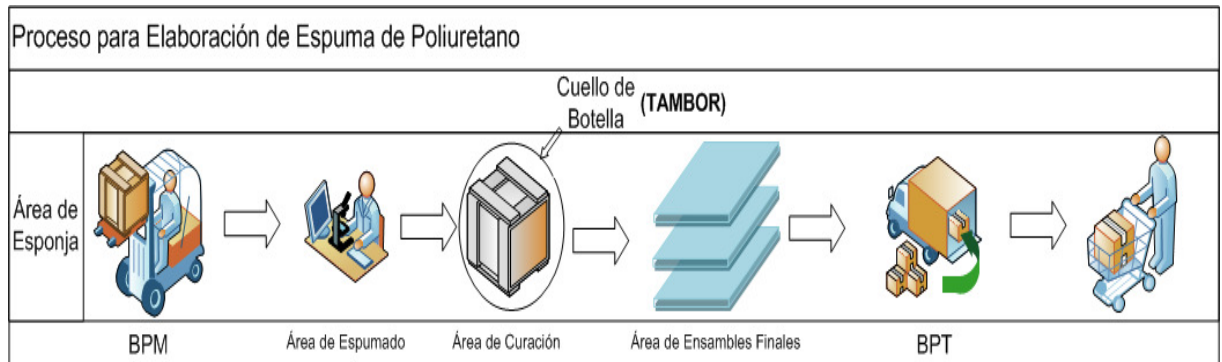
Definitivamente, la empresa que ocupa la atención del presente estudio, adolece, tanto del fenómeno del Palo de Jockey como de una inadecuada medición del desempeño, sin contar que el inventario de materias primas y semielaborados en proceso es alto.

Como se dijo a un inicio, la solución a este problema es visualizar a todas las áreas que conforman el proceso como un sistema. A dicho sistema se le aplicará manufactura sincrónica. Esto implica que tenemos que determinar las áreas que realmente constituyen la ruta crítica del proceso y que, por ende, determinan el ciclo de producción del sistema.

La ruta crítica del proceso está conformada por las siguientes áreas: área de espumado, área de curación, área de laminado y área de bodega de producto terminado.

Es oportuno mencionar que el orden en que aparecen escritas las áreas en el párrafo anterior, es el orden del flujo de producción (ver Figura 18).

**Figura 18.** Ruta crítica del flujo de elaboración de esponjas



Fuente: Cynthia Alonzo

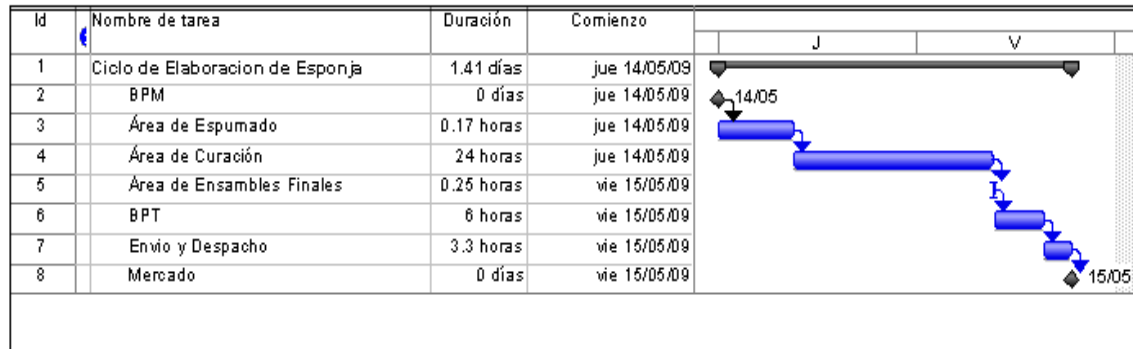
Para los propósitos de la implementación de manufactura sincrónica, es necesario definir cuál de las áreas representa el cuello de botella del flujo de producción (tambor), para lo cual se muestra en la siguiente tabla el ciclo de fabricación de cada una de las áreas que conforman la ruta crítica.

**Tabla III.** Ciclos de fabricación de las áreas que conforman el flujo de elaboración de esponjas

Área de Proceso	Ciclo de Fabricación (horas)
Área de Espumado	0.17
Área de Curación	24
Área de Laminado	0.25
Área de Bodega de Producto Terminado	6
Área de Envío y Despacho	3.3

Fuente: Manual de especificaciones de la empresa en estudio. s.p.

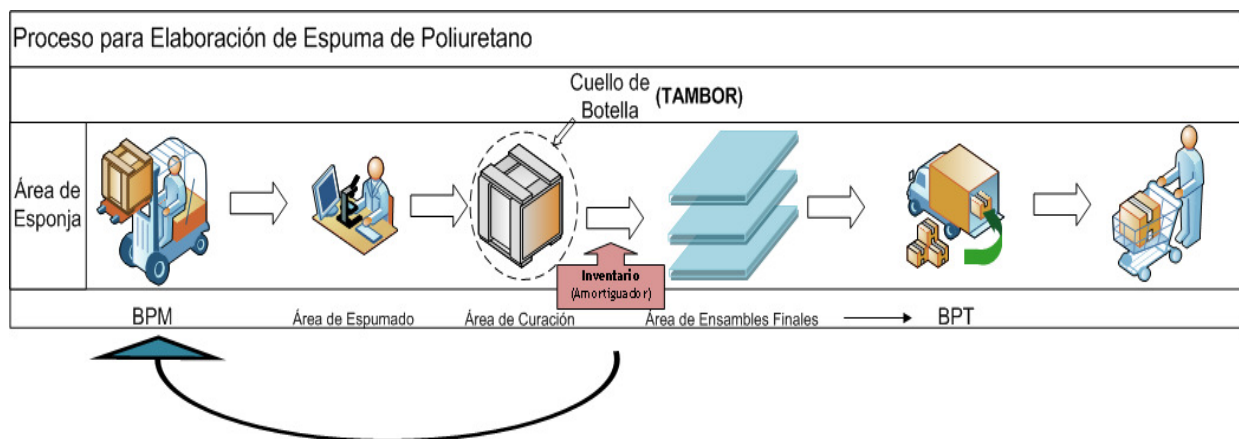
**Tabla IV.** Diagrama de Gantt de los ciclos de fabricación de las áreas que conforman el flujo de elaboración de esponjas



Fuente: Cynthia Alonzo

Es fácil reconocer que el área de curación representa el cuello de botella del flujo de producción, ya que posee un ciclo mayor, por lo que ésta representará el **tambor** del sistema, tendrá un punto de control especial, la mayor atención por parte del área de mantenimiento y un servicio de excelencia, con base en la definición del área de espumado como amortiguador del sistema.

**Figura 19.** Flujo sincronizado del sistema de producción de esponjas



Fuente: Cynthia Alonzo

En donde se trabaja las área de espumado con una mayor sincronización y formulación para reducción de tiempo y una elaboración constante de producción de la esponja que se vende más para mantener en almacén temporal un stock que ayuda a mantener esponja semielaborados para su ensamblaje final que es el que se modifica dependiendo el cliente y tener una perdida menor de tiempo, y así mismo reducir el almacén final para no tener inventario con un gran stock que nos aumenta el costo por día, y siempre mantener el control del período de curación para que se mantenga a la temperatura ideal para no llevarse más tiempo en la curación.

Como se puede observar en la Tabla III, el ciclo de fabricación del sistema es de un día, nueve horas y doce minutos. Y sería necesario que el cliente enviara su pedido por lo menos dos días y medio de anticipación. Al aplicar manufactura sincrónica, el ciclo de fabricación del sistema sería igual al ciclo de fabricación del tambor, es decir, de 24 horas (1 día).

Y Así lograr entregar el pedido con solo una anticipación de 1 día y 7 horas, ya que a pesar que no haya una jornada de trabajo el área de curación sigue porque no es necesario de operarios.

### **3.1 Área de espumado**

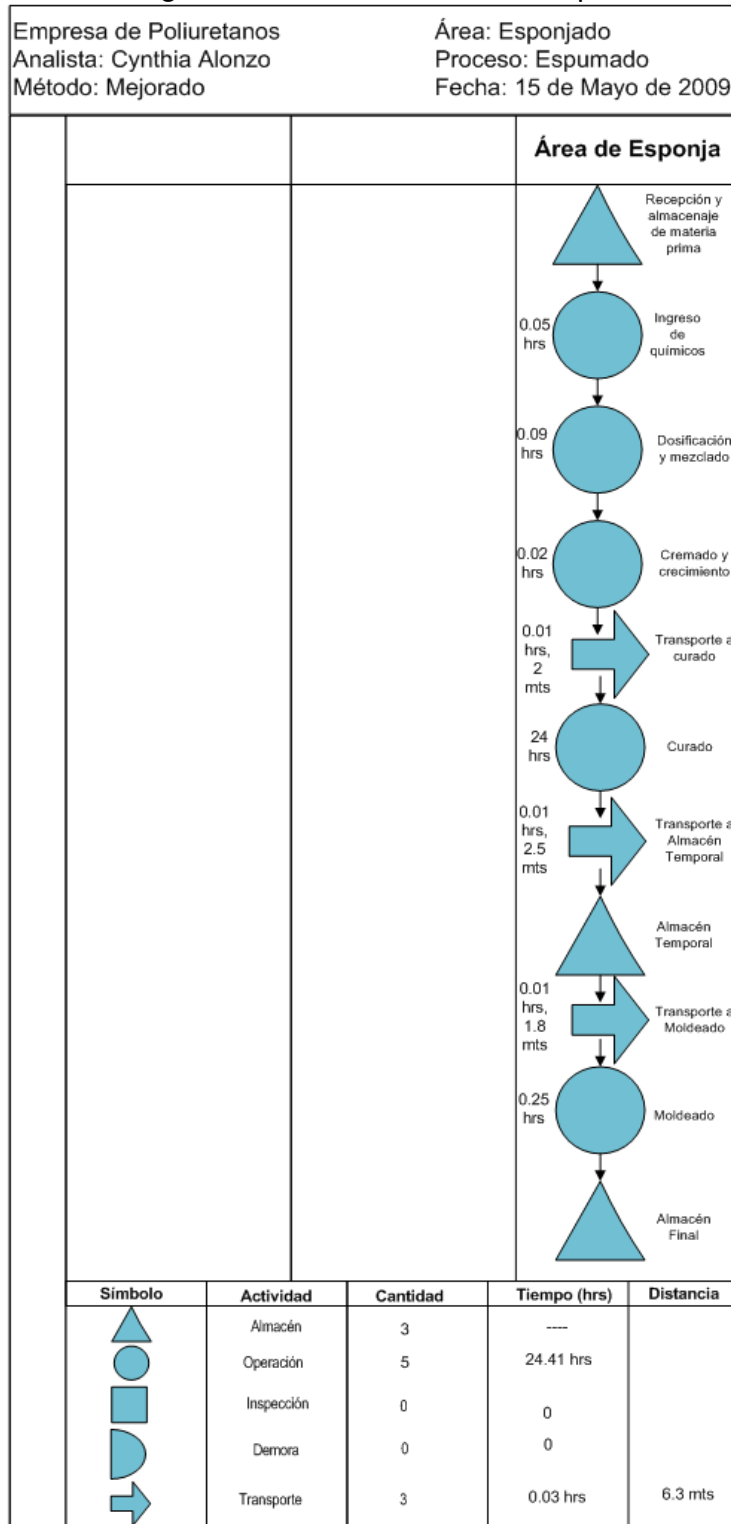
Esta área es donde se realiza la mezcla de los componentes químicos que se utiliza para hacer la espuma de poliuretano, al no mezclar correctamente los químicos, nos afectara a la hora de que la espuma se mande a la curación, ya que la esponja que vamos a obtener será de baja calidad y eso hará que la empresa no mantenga un estatus deseado y baje las ventas del

mismo. Es por eso que es muy importante mantener un control en todo el proceso que se realiza en esta área.

La elaboración de la espuma de poliuretano debe de mantenerse en control, ya que es necesario mantener un lote pequeño de inventario para que rote de una mejor manera. Y es allí donde se debe de trabajar la sincronización del proceso para que el tiempo se reduzca, el cliente se mantenga satisfecho y los costos sean menores.

Al implementar un nuevos sistema, debemos de analizar la propuesta antes de llevarla acabo para ver si es viable y luego poder continuar con el proceso, en el caso de no ser viable hay que ver otras propuestas que puedan favorecer a la empresa para minimizar los costos y aumentar la productividad de la misma.

**Figura 20.** Diagrama de elaboración de bloques modificado



Fuente: Cynthia Alonzo

**Análisis financiero de las propuestas a implementar en el proceso productivo:**

**a) Mejoras al proceso colocando una bodega de almacenaje temporal:**

El costo de oportunidad de poder generar ingresos adicionales de contribución marginal por venta no atendida se puede analizar de la siguiente manera:

a.1) Contribución marginal: Que son los costos en la venta de esponja de las densidades más vendidas.

**Tabla V. Ventas no atendidas**

	Densidad					Total
	15	17	19	20	22	
Kilos/m <sup>3</sup>	5,000	2,000	2,500	4,000	800	14,300
Precio de Venta	Q45.00	Q 40.00	Q 50.00	Q 50.00	Q 45.00	Q 46.00
Ventas	Q 225,000	Q80,000	Q125,000	Q200,000	Q36,000	Q657,800
<b>% Costo Marginal 60%</b>	<b>Q 135,000</b>	<b>Q48,000</b>	<b>Q 75,000</b>	<b>Q120,000</b>	<b>Q21,600</b>	<b>Q394,680</b>

Fuente: Cynthia Alonzo

a.2) Costos y/o egresos por generación de inventario en almacén temporal

**Tabla VI.** Costos de inventario en almacén

	Densidad					Total
	15	17	19	20	22	
Kilos almacenar	5,000	2,000	2,500	4,000	800	14,300
Costo Primo x Kilo	Q 5.00	Q 5.00	Q 5.00	Q 5.00	Q 5.00	Q 5.00
CF x Kilo	Q 1.00	Q 1.00	Q 1.00	Q 1.00	Q 1.00	Q 1.00
Gastos Almacén	Q 0.50	Q 0.50	Q 0.50	Q 0.50	Q 0.50	Q 0.50
Costo Financiero x k	Q 0.25	Q 0.25	Q 0.25	Q 0.25	Q 0.25	Q 0.25
Amort. Inv. Bodega	Q 2.50	Q 2.50	Q 2.50	Q 2.50	Q 2.50	Q 2.50
<b>Total Costos x Kilo</b>	<b>Q 9.25</b>	<b>Q 9.25</b>	<b>Q 9.25</b>	<b>Q 9.25</b>	<b>Q 9.25</b>	<b>Q 9.25</b>
<b>Total</b>	<b>Q 46,250</b>	<b>Q 18,500</b>	<b>Q 23,125</b>	<b>Q 37,000</b>	<b>Q 7,400</b>	<b>Q 132,275</b>

Fuente: Cynthia Alonzo

Como resultado obtenemos:

**Tabla VII.** Costo de oportunidad por venta no atendida

Evaluación Análisis Financiero	
Contribución Marginal	Q 394,680
(-) Costos y Gastos	Q 132,275
<b>Contribución Neta</b>	<b>Q 262,405</b>

Fuente: Cynthia Alonzo

Al observar nuestro costo de oportunidades, vemos que es mayor la contribución marginal para la empresa, por lo que además de reducir tiempos, se obtienen mayores ganancias.

## B) Crear índices de control:

Al crear índices de control del proceso productivo a través de generar datos históricos de cada proceso y luego estableciendo mediciones que permiten evaluar las producciones estándares versus producciones reales esto genera eficiencia y por ende mejoramiento de costos de producción.

Contribución:

**Tabla VIII.** Medición sistemas de control con respecto a costos

	Std	Semanas				Promedio	Kilos/m <sup>3</sup>	Cto x desperdicio	Cto con ind. de control	Costo Std
		1	2	3	4					
Control de Mermas	2%	1.3%	1.5%	1.8%	2.1%	1.7%	100000	Q 2.50	Q 4,187.50	Q 5,000.00
Control de Dosificación de Componentes	2%	1.2%	1.5%	1.6%	1.6%	1.5%	100000	Q 3.55	Q 5,236.25	Q 7,100.00
Rend. De Operarios	80%	80%	86%	95%	95%	89.0%	100000	Q 0.44	Q 38,937.50	Q 35,000.00
Control de Lubricación	5	5	4	5	5	4.75	100000	Q 0.25	Q 118,750.00	Q 125,000.00
Control de Mantto	5	4	4	3	4	3.75	100000	Q 0.50	Q 187,500.00	Q 250,000.00
									<b>Q 354,611.25</b>	<b>Q 422,100.00</b>

Fuente: Cynthia Alonzo

Como resultado obtenemos:

**Tabla IX.** Contribución neta

Costo Std	Q 422,100.00
(-) Costos con I.C.	Q 354,611.25
<b>Contribución Neta</b>	<b>Q 67,489</b>

Fuente: Cynthia Alonzo

## C) Crear sistema de control de seguridad industrial:

El crear un sistema de control de seguridad industrial permite reducir gastos generados por accidentes.

**Tabla X.** Precios de equipos de seguridad sugeridos

Equipo de Seguridad Industrial	Precio de Equipo	Características
Casco de poliuretano alta densidad	Q 45.00	Casco de polietileno de alta densidad, con arnés de 4 puntos de suspensión
Mascarilla N95	Q 10.00	Brinda una efectiva, confortable e higiénica protección respiratoria contra partículas sólidas y líquidas.
Guantes de nitrilo revestido	Q 100.00	Brinda una fuerte protección cuando se está trabajando con químicos, además de su superficie lisa, el guante provee la misma comodidad que otros guantes más suaves y delgados. El tejido de algodón se encarga de la absorción de la transpiración para mayor confort durante largos períodos de uso.
Botas de Goma	Q 245.00	Ideales para uso industrial.

Fuente: Manual de especificaciones de la empresa 3M

Inventario de Equipo de protección:

**Tabla XI.** Análisis de precios de equipos de seguridad sugeridos

	Cantidad	Precio por unidad	Mensual	Anual
Cascos	10	Q 45.00	Q 450.00	Q 450.00
Guantes	10	Q 100.00	Q 1000.00	Q 1,000.00
Mascarillas	50	Q 10.00	Q 500.00	Q 6,000.00
Botas de hule	10	Q 45.00	Q 450.00	Q 900.00
<b>Total</b>	80	Q 245.00	<b>Q 2,400.00</b>	<b>Q 8,350.00</b>

Fuente: Cynthia Alonzo

Horas promedio de ausencias por accidentes de operarios por no usar el equipo indicado.

**Tabla XII.** Costo de ausencias por no usar los equipos de seguridad adecuados

Ausencias Mensual	Costo M.O por hora	Costo M.O por Ausencia	Costo por Ausencia anual
50	Q 15.22	Q 761.00	Q 9,132.00
15 hrs extras	Q 22.83	Q 342.45	Q 4,109.40
<b>Total</b>		<b>Q 1,103.45</b>	<b>Q13,241.40</b>

Fuente: Cynthia Alonzo

En el análisis de Costo Beneficio se obtiene un ahorro anual de:

Costos por ausencia - Precios del equipo de seguridad sugerido

$$13,241.40 - 8,350.00 =$$

$$\text{C/B} = \text{Q. 4891.40}$$

### 3.1.1 Calibración en el proceso de espumado

Para la elaboración de espuma se debe de comprobar los componentes de las mezclas para que se mantenga la producción con un estándar en su material. Y para ello es importante calibrar el proceso y eso contiene una diversificación de pasos.

### **3.1.1.1 Verificación de dosificación de componentes**

Al controlar la dosificación de los componentes químicos para espumar, se debe de hacer un proceso de pasos correlativos, para que esto se haga de una forma adecuada y no haya errores en el transcurso de las verificaciones y se mantenga un control.

El operador para lograr esta actividad deberá quitar el protector de las áreas donde expulsa el líquido la máquina espumadora, con un tubo ingresándolo en la máquina para sacar por allí el primer líquido. Para esto se necesitará una pesa en kilogramos y una en gramos.

#### **Poliol:**

Se usará un tambo metálico en donde se ingresará el líquido, el encargado de área, ingresará los tiempos en los timers conforme a la fórmula, luego le dará la opción de sacar el líquido. Al salir el polioliol de la espumadora, el operario deberá pesar el líquido, con ello el encargado verificará los datos de la fórmula versus el peso real del líquido que sale de la espumadora, con ello verificará si la fórmula esta en lo correcto, sino deberá corregir los tiempos para que estén calibradas, se hace la prueba por lo menos dos veces.

#### **Cloruro de metileno:**

Se usará un balde para la medición, y se usará la pesa de gramos, se hace el mismo procedimiento que el anterior para observar que la medida de este componente es la correcta.

**Silicona:**

Se usa un balde más pequeño para hacer las mediciones de la silicona que se usa para la elaboración de la espuma y se hace el mismo procedimiento de los anteriores, utilizando la pesa de gramos.

**Amina:**

Por la poca cantidad que se usa en la mezcla se pesa en un vaso para esta medición, y se usa la pesa de gramos, por la válvula de amina se deberá sacar el líquido y se hará el mismo procedimiento.

**Agua:**

En la mezcla para hacer la espuma poliuretano se necesita el agua, para hacer reaccionar los químicos y darle su volumen deseado, se necesita poca cantidad para la elaboración de espuma y se pesa de la misma manera que los anteriores.

**TDI:**

Este químico es uno de los más fuertes y su olor es desagradable, por lo que para ello se necesitara protección de careta o mascarilla para no olerlo, este químico es el último en ingresar a la fórmula por la reacción que mantiene. Deberán utilizar una carreta y este componente necesita una bolsa que se

colocará en la carreta para que ingrese el líquido, y se mide en la pesa de kilogramos y se debe verificar como los anteriores procedimientos.

#### **3.1.1.2 Verificación de timers**

Esta verificación se hace al mismo tiempo cuando verificamos los componentes de la espuma, ya que con ellos son los que ponemos los tiempos que se necesitan en la fórmula, y si en la medición de algún componente, la variación de error esta fuera de los límites permitidos de error, entonces el encargado deberá supervisar la fórmula ingresada para cambiar los tiempos y arreglar la fórmula.

#### **3.1.1.3 Verificación del proceso de aire**

Esta verificación es de las más sencillas, ya que la presión que mantiene la máquina es la misma para cualquier proceso, de espumado. Y en la pantalla se muestra la presión que se utiliza y se debe verificar que sea siempre la misma. Siempre el encargado del área deberá estar pendiente que no cambie la presión que mantiene, porque sino deberá calibrarla hasta obtener la misma presión que se tenía.

#### **3.1.2 Control de procedimiento en el proceso de espumado**

Después de una adecuada dosificación de los componentes y que se haga una verificación cada cierto tiempo incrementará la calidad del producto, posteriormente a ello se deberá llevar un control del procedimiento de espumados se puede llevar si se mantiene una serie de pasos:

### **3.1.2.1 Dosificación de químicos**

El ingeniero químico y el encargado de área, deben de hacer unas pruebas de los componentes para obtener la fórmula ideal para hacer una esponja dosificando cada uno de los componentes para tener las cantidades ideales para obtener el mejor control de calidad.

### **3.1.2.2 Formulaciones**

Las formulaciones de los componentes químicos son elaboradas por el ingeniero químico que con los estudios se realizaran las formulaciones necesarias que lleva cada espumado.

### **3.1.2.3 Control de maquinaria**

El encargado de área deberá supervisar que las máquinas estén bien calibradas y lubricadas diariamente y que la maquinaria este en buen funcionamiento, el operario le debe dar una inspección visual completa a la máquina para asegurarse de que todas las mangueras se encuentren bien colocadas y en perfecto estado, de no ser así es preferible no encenderla y notificarlo al encargado del área.

### **3.1.2.4 Proceso de espumado**

Se transporta los componentes que se necesiten y se colocan dentro de las bombas de succión y se preparan para su uso, se debe accionar la bomba

e insertar la manguera en el tonel para que se realice el succionamiento. Abrir las válvulas que se encuentran abajo del depósito para que no obstruyan el paso del químico, encender la maquinaria, luego ingresar los tiempos en los timers según las fórmulas, esperar para colocar el recipiente que recibe los residuos de la mezcla de la espumadora, y colocar el molde donde caerá los componentes y cuando es ingresado los componentes, se deberá rápidamente colocar sus laterales para cerrar el molde y de forma simultánea esperar que se cierre la máquina espumadora para recibir los residuos.

En pocos minutos aumentará el volumen y se obtendrá un espumado.

**Figura 21.** Proceso de espumado



Fuente: Cynthia Alonzo

### 3.1.2.5 Proceso de curado

Cuando se termina el proceso de crecimiento, los bloques se colocan en un área de almacenaje amplia con una temperatura fresca ( $20^{\circ}\text{C} - 24^{\circ}\text{C}$ ) y mantenerlo un tiempo de 24 horas, cuando el ambiente afecte al curado de la espuma, se pone en marcha los ventiladores para mantener la temperatura ideal para que se transforme en esponja.

**Figura 22.** Área de curación



Fuente: Cynthia Alonzo

### **3.1.3 Controles de calidad en proceso de espumado**

Los controles de espumado son necesarios tenerlos en cualquier empresa que fabrique esponjas, ya que para mantener una esponja de calidad y de un confort deseado es necesario que se supervise la elaboración del espumado y la finalización del mismo para que no haya ningún problema al usarlo en la elaboraciones de artículos, muebles, entre otros, en donde se use una esponja para que le dé confort.

#### **3.1.3.1 Toma de densidad**

Los cálculos de la densidad se realizan por medio de la cantidad indicada en la fórmula, ya que para que la densidad aumente o disminuya se deben de hacer modificaciones en la fórmula.

#### **3.1.3.2 Toma de temperatura**

Para ello se debe de usar el chiller, que es un intercambiador de temperaturas que se debe utilizar cuando la temperatura ambiente es mayor a 25°C, para que recule la temperatura de los químicos en los depósitos y no ocurra ningún problema en el espumado de cilindros y bloques. Cuando la temperatura de los depósitos se estabiliza se debe de verificar en los indicadores de temperatura de los depósitos y automáticamente se apaga el chiller.

Con los termocoplas se puede controlar que el bloque mantenga la temperatura ideal según su tamaño cuando está en el período de curación (24

horas) ya que se conecta un termocopla al bloque y una hora después se puede medir la temperatura con un termómetro digital.

### **3.1.3.3 Tamaño de celda**

Para ver el tamaño de celda de la esponja en la realización de la mezcla de los químicos, se ingresa en el molde y se deja reposar un par de minutos para que los componentes reaccionen y empieza a tomar forma del molde e incrementar su volumen, en ese momento los componentes sueltan gases, en donde nos indica que la celda se está abriendo, luego se hace una prueba con la que podemos hacer después de que la espuma poliuretano haya tenido el proceso para elaborar esponja, en un pedazo de esponja con una pajilla se sopla dentro de la esponja y si sale el aire puede uno ver si la celda está abierta o cerrada, lo ideal es que no esté tan abierta la celda, ya que cuando está muy abierta se vuelve tiesa al igual que este cerrada y se reconoce porque tiene un ruido al tocar y presionar la esponja y si está cerrada se agrieta la esponja.

### **3.1.3.4 Porcentaje de rendimiento**

Para hacer el cálculo del porcentaje de rendimientos que contiene la esponja es necesario primero hacer unas pruebas a los bloques, para ello lo ideal es empezar marcando el bloque que se realizará la prueba en donde deberá contener los siguientes aspectos:

- Densidad
- Fecha que se espumó
- Tamaño del bloque

Con ello se llevará a cortar unas pequeñas láminas que se desperdician en el esponjado, porque no quedan bien en lo que se hace en la máquina horizontal los cortes.

Se debe de tomar las medidas del bloque para obtener su volumen, seguidamente se pesa el bloque para obtener la densidad.

$$\rho = W / \text{vol.}$$

Se pesará el bloque con las láminas que se desperdician para saber que porcentaje de rendimiento, comparándola con la fórmula para la elaboración de espuma poliuretano en la cual tiene un peso que nos servirá para la comparación.

Con el peso químico que tiene el bloque se deberá comparar el peso que el bloque contiene.

$$\% \text{ evaporación} = \frac{\text{Kg químicos} - \text{Kg semielaborado}}{\text{Kg químicos}}$$

Ver cuánto porcentaje se evaporo de los químicos (agua y cloruro), y el porcentaje debe estar alto para que se encuentre bajo control.

Para tener el rendimiento del peso es necesario que tenga el dato de cuánto pesa las láminas que se desperdician (scrap).

$$\text{Kg scrap} = \text{Kg del bloque con las láminas} - \text{Kg del bloque}$$

Y luego se obtendrá el rendimiento del peso:

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{\text{Kg del bloque}}{\text{Kg Scrap}} * 100$$

Para obtener el rendimiento del volumen es necesario tener la comparación del volumen que se tiene al elaborar el proceso en la máquina con el real y para ello se usa la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de rendimiento} = \left( 1 - \frac{\text{Vol. Teórico (m3)} - \text{Vol. Real (m3)}}{\text{Vol. Teórico (m3)}} \right) * 100$$

Los porcentajes de rendimiento deben oscilar entre 90% a más para indicar que no hay ningún problema con la elaboración de la esponja.

### 3.1 Área de laminado

Esta área está constituida por una diversidad de maquinarias para lograr el laminado deseado, el laminado que se hace en la esponja dependerá para el uso que se le quiera dar, en una industria manufacturera.

### **3.2.1 Controles de laminado**

Podemos controlar el laminado que se da a la esponja, por medio de indicadores de control que pueden proporcionar la calidad con la que se está realizando el laminado. Los controles se pueden dar por medio de:

#### **3.2.1.1 Dimensiones**

Las dimensiones del laminado se hacen conforme al uso que lo requiera la industria que nos esté pidiendo las esponjas en ello existen tipos de cortes: laminado liso, laminado corrugado, laminado en cilindro, entre otros. Y cada laminado se puede presentar en diferentes volúmenes que dependerán del uso que se desee, por ejemplo para la elaboración de un sofá se usa un laminado liso de un grosor que ha establecido la empresa que desea la esponja de 1/8 - 2" en la que se usa la máquina laminadora horizontal. Y hacer los laterales para el sofá se necesita un mayor grosor. Se usan para ello la máquina laminadora horizontal y laminadora vertical.

Para colaborar con lo establecido en la orden que se genera para laminar los bloques de esponja que se producen, se deben de medir con una muestra del un laminado sencillamente con un metro para mantener las dimensiones que se desean en los laminados.

Para medir el espesor, el operario contará con un punzón graduado o una herramienta similar cuyo diámetro no supere los 2 mm. Durante este proceso, la Norma UNE 92120-2 indica que se han de tomar dentro de la

superficie diez puntos, cinco de espesor alto y otros cinco aparentemente de espesor bajo.

Tras este proceso, el resultado del cálculo del espesor será la media de las diferentes medidas, sin contar los cuatro valores extremos, no pudiendo ser ninguna de las medidas consideradas inferiores en más de un 25% a la media general.

Este proceso se realizará al menos cada 75 m<sup>2</sup> y, como mínimo, por cada unidad de obra y por día. En el caso de un nivel de frecuencia intenso, el reglamento particular de la Marca N indica que la medición se debe realizar cada 50 m<sup>2</sup> y, como mínimo, una medición por unidad de obra y por día.

#### **3.2.1.2 Calidad de corte**

La calidad de corte que se produce en esta área depende de la maquinaria que se utiliza, ya que para que sea más eficiente el proceso se necesita una máquina completa que sea en proporcional a lo que se corta.

Para haya un buen corte en el laminado debe estar supervisando un operador en el área, y observando que los cortes que se producen mantengan las medidas y la calidad deseada.

#### **3.2.1.3 Desperdicios**

Los desperdicios se dan proporcionalmente al buen espumado que se da. Entre menos orificios y burbujas mantenga el bloque que se va a laminar

menor desperdicio se obtendrá, ya que todas esas partes con imperfectos que se obtiene en los bloques debe antes de ser laminado, quitado.

Es importante además aclarar que los desperdicios se dan a tener un mal corte en el laminado por lo que se debe de llevar un control en el corte.

Entre menos desperdicios se produzca más materia se podrá utilizar y mayores ganancias se obtendrán.

### **3.2.2 Control de maquinaria**

Para que los cortes de la esponja sean más exactos, no se debe de descuidar el mantenimiento que se deben de dar a las maquinarias y el control del manejo de estas. Ya que por alguna razón fallan la producción para y se desperdiciarán los tiempos. Es por ello que se recomienda que se logre establecer los siguientes controles en las máquinas a utilizar.

#### **3.2.2.1 Lubricaciones**

Las lubricaciones que se deben dar a las maquinarias deben de darse diarias, algunas semanales y otras quincenales, para ello se necesita la ayuda del área de mantenimiento para que establezca ese control.

La máquinas de laminado deben diariamente lubricarse con aceite 40 ciertas partes, el departamento de mantenimiento establece las partes a lubricar antes o después de ser utilizadas las maquinarias en la jornada de trabajo.

Cada semana con un soplete se hace una limpieza total con desengrasante dieléctrico y con grasa establecida se hecha en los engranajes y cadenas que contengan las máquinas.

### **3.2.2.2 Mantenimiento preventivo**

Un mantenimiento preventivo se hace conforme a un programa o calendario ya asignado por el área de mantenimiento, es ideal hacerle a las máquinas que se utilizan, eso reduce los costos increíblemente, ya que no se gasta en fallas o averías muy graves que pueda tener la máquina o un cambio total de ella por un mal mantenimiento.

Cada cierto tiempo el área de mantenimiento debe llegar a supervisar las maquinarias y supervisar que se mantengan lubricadas las máquinas para llevar un registro y control de los usos que se les dan.

En cualquier momento puede tener fallas leves la maquinaria que producen un paro en la producción pero por ser leves el tiempo ocio que se le da a la máquinas deberán ser pequeños.

### **3.2.2.3 Lubricación en general**

Una lubricación en general a la máquina se le da diariamente, ya que esta es la que mantiene lubricada a las máquinas y eso hará que funcione correctamente, las cuchillas para que tengan el corte deseado deben de mantenerse bien afiladas y lubricadas todo el tiempo, la mesa en donde se colocan los bloques debe de estar siempre en constante movimiento y para que

los movimientos sean precisos es necesario que mantengan lubricación para que se mantengan en movimiento.

### **3.3 Medidas de seguridad**

Los poliuretanos son compuestos orgánicos y, como tales, susceptibles de combustión. Para retrasar su encendido y evitar la propagación de la llama se requiere que tengan una estructura química adecuada y se les añaden componentes ignifugantes.

El TDI está clasificado como sustancia peligrosa y de etiquetado obligatorio, teniendo que manejarse por tanto con la oportuna precaución. El grado del posible peligro dependerá ante todo de la cantidad de los vapores y aerosoles de isocianato que se desprenden durante la transformación. En el supuesto de que no sea objeto de proyección, entonces la transformación entre 20 y 23 °C no implica problema alguno, si se realiza en recintos bien ventilados.

En las áreas de espumado y laminado es necesario mantener medidas de seguridad, y mantener constantemente en inducciones a los operarios para saber qué hacer en casos de emergencias. En las industrias que se elabora espumado se sabe que debe tener mucho cuidado, ya que mantiene en un lugar que con un descuido se produzca un incendio o puedan cortarse, ya que las cuchillas de las maquinarias en el área de laminado son peligrosas, cualquiera de ellas podría cortarle alguna parte del cuerpo a un operario fácilmente por la potencia y la fuerza que estas conllevan.

Para eso se debe de establecer medidas de seguridad que proteja al trabajador de cualquier peligro que pueda ocasionarse por negligencias.

Esto beneficia a la empresa de cierto modo, ya que mantiene al operario seguro en su puesto de trabajo, a la vez entre más cuidados y más caso se le

ponga a las seguridades en estas áreas más productivo se volverá el operario, si se produce algún daño a los operarios o a la empresa en si en sus instalaciones producirá gastos extras que pueden ser elevados que no beneficien a la empresa y a la vez la desprestigie.

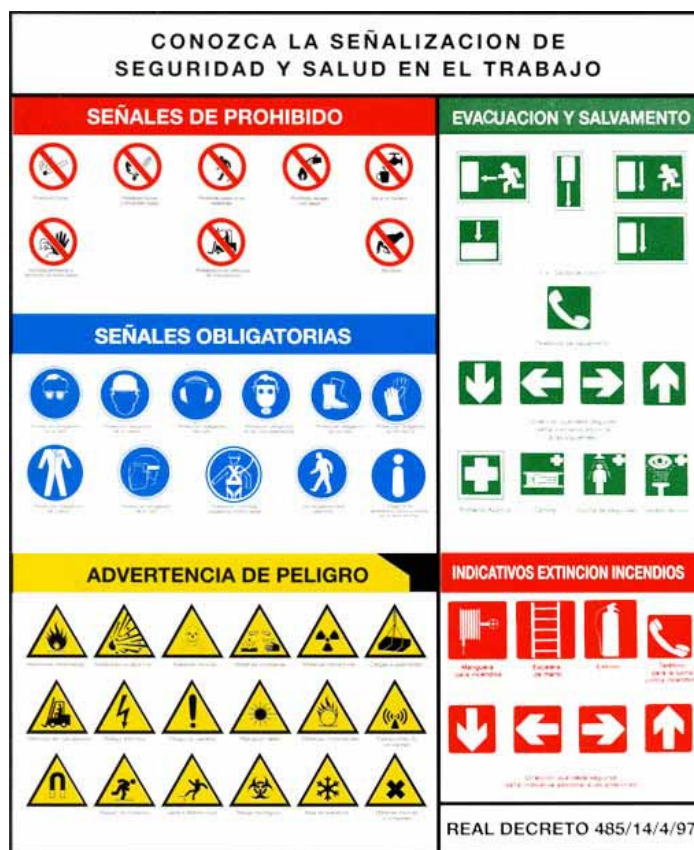
Por motivos de seguridad, cuando se manipulan materias primas de espumado poliuretano tienen que adoptarse todas las medidas de protección indicadas en las hojas de datos de seguridad y hojas informativas técnicas de los productos.

El puesto de trabajo debe disponer de una extracción de humos suficiente y sobre todo bien orientada. El movimiento del aire debe dirigirse desde la persona que trabaja hacia el exterior.

Los vapores y aerosoles de los químicos irritan los ojos y las mucosas de la nariz, garganta y pulmones, pudiendo provocar reacciones de hipersensibilidad. Por tanto, debe evitarse la inhalación, utilizando las mascarillas apropiadas las cuales deben ser renovadas según las medidas que deben usarse en la higiene industrial.

En todos los trabajos deben utilizarse gafas de seguridad, guantes impermeables y ropa laboral bien abrochada. La ropa contaminada se tiene que cambiar de inmediato para evitar el contacto continuado con la piel. Antes de iniciar la jornada laboral debe aplicarse en las manos una buena pomada protectora. Los químicos deben mantenerse alejado de alimentos y bebidas. Las inducciones que se les dará a los operarios servirá para indicarles todo esto más detalladamente.

**Figura 23.** Modelo de la señalización de la seguridad y salud industrial que se debe utilizar.



Fuente: [http://www.centroindustrial.com/productos\\_seguridad\\_industrial.html](http://www.centroindustrial.com/productos_seguridad_industrial.html)

Además el área de trabajo debe contar con señalización visibles de rutas de evacuación, y de seguridad y de salud en el trabajo.

### 3.3.1 Químicos

Los químicos utilizados para hacer un espumado poliuretano deben tener un control y el operario debe tener los equipos necesarios al ser utilizados en el área de mezclado y dosificación, en la cual son:

Al utilizar el poliol que se utiliza en un 55% a 70% aproximadamente de la mezcla y sus propiedad del alcohol que son usados en el proceso de espumado, el operario debe utilizar una mascarilla, guantes y botas al exponerse a este químico.

En el cloruro de metileno que es derivado del metano y es un líquido incoloro y venenoso, insoluble en agua, por lo que el operario debe de tener mucho cuidado al mezclar este químico y su equipo de protección a utilizar son guantes, mascarilla (por el olor que el químico suelta), un casco y botas adecuadas.

Para la amina que es un catalizador aminito y producto orgánico básico, resultante de la sustitución de los átomos de hidrógeno del amoníaco por radicales hidrocarbonados, es necesario utilizar los guantes y mascarillas para su protección. En el TDI que se utiliza en la mezcla en un 25% a 35% y es un líquido incoloro, inflamable, olor a benceno que es soluble en alcohol, benceno y éter. Y en el octoato que se usa como catalizador metálico en la mezcla y es una sustancia que modifica la velocidad de reacción. Se debe de utilizar un casco, botas, mascarilla, gabacha y guantes adecuados.

### **3.3.2 Contra incendios**

En la empresa hay extinguidores en las partes más peligrosas de la empresa en donde se podrían ocasionarse incendios, deberán implementarse más extinguidores. Pero para una empresa de espumado no son efectivos los extintores convencionales de ácido carbónico. Se debe utilizar extintores de polvo seco ABC o BC.

En todos los trabajos de extinción realizados en un recinto cerrado deberá utilizarse un equipo respiratorio autónomo. Y hay que tomar en cuenta que no siempre reaccionaran de la misma forma los químicos, por lo que es necesario, tener una capacitación para que el operario sepa cómo actuar en el momento que ocurra un accidente. Así mismo se debe mantener un control periódico de las fechas de caducidad de los extinguidores que se instalarán en la empresa.

### **3.3.3 Seguridad en maquinarias**

Las maquinarias que se utilizan en el área de espumado utilizan químicos que en cualquier momento podría caerle a los operarios, de ser así, el área por medidas de seguridad hay unas duchas en las cual los operarios puede irse a bañar para no tener un peligro, pero en caso de químico TDI que reacciona con el agua es peligro que se utilicen es por ello deberá utilizar otro modo sin estar en contacto con agua.

En el área de laminado, el mayor peligro que se encuentra allí son las cuchillas que las maquinarias contienen y el operario siempre deberá estar alertado para que no suceda ningún accidente de ser así debe de existir un botiquín de primeros auxilios para ser utilizado y para ello el operario debe de estar preparado por medio de las inducciones que se les debe de dar constantemente, si las heridas son de tercer grado es mejor que sea trasladado de emergencia a algún hospital. Pero para que el operario este más seguro deberá usar protección para sí mismo.

**Figura 24.** Modelo de los extinguidores a utilizar en la empresa



Fuente: <http://santiago.olx.cl/extintores-monper-equipos-contra-incendios-y-seguridad-industrial-iid-2500436>

### **3.3.3.1 Equipo de protección**

El equipo que debe de utilizarse dependerá del trabajo que está realizando y debe de ser cambiado cuando haya deterioro en el que se esta usando para evitar accidentes, lo ideal es el uso de protección adecuada, según Tabla IV, capítulo tres.

No se debe de permitir el acceso a la zona de trabajo a ninguna persona sin el equipo de protección adecuado.

En la espumadora, el operario debe utilizar una máscara con filtro para gases y vapores por el fuerte olor que saca algunos componentes de la mezcla especialmente el TDI que es un componente muy fuerte que el mantenerse oliendo ese químico por mucho tiempo puede producir mareos, además debe de usar guantes a la hora de ingreso de los químicos y cuando se hagan las verificaciones de dosificaciones que se saca cada líquido por separado una careta o gafa para que no haya contacto con los ojos el TDI que puede producir cegueras. También debe de tener una gabacha para protección de los

químicos, botas de PVC o caucho y a la hora de mover el bloque de espuma del molde al área de curado debe tener un cincho para evitar alguna lesión, dislocación o hernia al hacer el traslado del bloque.

En las cortadoras, el operario debe de mantenerse algo alejado de las cuchillas y evitar el acercamiento a ellas, debe de tener unos guantes a la hora de mover el bloque en la mesa de la cortadora para proteger las manos de la cuchilla, una cincho por los movimientos y esfuerzos que el operario está haciendo a la hora de colocar los bloques en las máquinas o la hora de bajarlas, para evitar alguna lesión, dislocación o hernia.

**Figura 25.** Modelo del equipo de seguridad industrial que se debe utilizar.



Fuentes: <http://www.sumarsupply.com/p-vial.html>

Se debe mantener el un sistema de control de accidentes en las áreas de trabajo, así podremos ver en donde hay mayores accidentes y lograr mejorar las condiciones de trabajo, para ello se estableció un formato de la siguiente manera:

### Tabla XIII. Control de accidentes

[illegible]

Fuente: Cynthia Alonzo

Y el mantener letreros a la vista de los operarios de lo que se debe hacer en caso de emergencia les ayudará de gran manera.

La implementación de pláticas y actividades una vez al es necesaria, para que se instruya al operario de cómo prevenir accidentes y recordarles la importancia del uso adecuado de cada máquina y el equipo de seguridad para evitar accidentes.

#### **4. IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL DE PRODUCCIÓN**

La implementación de un nuevo sistema servirá para mejorar y beneficiar grandemente a la empresa, ya que les servirá a reducir costos y es claro que cualquier empresa desea reducir costos para aumentar las ganancias y mejorar la calidad.

En este capítulo se contendrán todos los aspectos necesarios para que el nuevo diseño del sistema de control sea aplicable, controlable y óptimo para el nuevo proceso y la implementación del nuevo almacén temporal.

##### **4.1 Bases necesarias para garantizar la funcionalidad del sistema de controles**

Para garantizar la funcionalidad del nuevo sistema, primero se debe llevar a cabo una amplia campaña informativa acerca del mismo, a todas las áreas involucradas.

El nuevo diseño de control de producción contiene sus propios índices de evaluación y en virtud a eso hay que prestar especial cuidado en la enseñanza de dichos índices al personal operativo; así ellos puedan aplicarlo a las funciones que hace por medio de ilustraciones respecto de qué son, cómo se miden y para qué sirven.

Para ello tomaremos métodos o teorías que nos ayudarán a beneficiar a la empresa implementándolas. La Teoría de Restricciones y el Flujo sincronizado (tambor-amortiguador-cuerda) es una de ellas, esta teoría son tendencias novedosas de manufactura de productos, lo cual es importante tomar en cuenta a la hora de implementarlas en una planta, ya que sus procedimientos e índices de evaluación difieren grandemente de la manera típica de manejar estas industrias. Se hace necesario, entonces, el convencimiento, a todo nivel, acerca de los beneficios que brindan.

Al utilizar la Teoría de restricciones y el flujo sincronizado debemos de hacerles referencia a todas las áreas que es necesario la implementación de una nueva área que traerá beneficios a pesar de los gastos que en ella se presentan al ser creada, ya que al hacer el análisis financiero y el análisis de ventajas y desventajas que conlleva esta nueva área nos damos cuenta que nos ayudará a mejorar la producción y disminuir tiempos y costos.

Para que el sistema funcione, una de las bases primordiales consiste en la verificación continua de su desarrollo, directamente en el área de producción.

#### **4.1.1 Normas**

- Verificar a diario el status y la proporcionalidad de producto terminado, en la Bodega.
- Confirmar diariamente si el área de curación (el tambor) está cumpliendo según su capacidad; de lo contrario, hacer lo que sea necesario para que cumpla.

- Supervisar que al área de espumado no le falte trabajo. En caso contrario, rediseñar la cantidad óptima de amortiguamiento.
- Establecer una reunión breve, una vez al día, en un horario y lugar predeterminados, lo ideal sería al inicio de la jornada de trabajo, para revisar en qué medida está cumpliendo el sistema, en qué medida está fluyendo el producto en relación a lo esperado, qué modelos y qué tamaños de esponjas están pendientes de despacharse. Dicha reunión no debe exceder de 20 minutos.

#### **4.1.2 Adaptaciones de los procedimientos actuales**

- Todas las operaciones que se realicen en el proceso de producción, tienen que ir enfocadas a generar throughput o demanda atendida para la compañía. Asimismo, todos los cambios y adaptaciones que se tengan que hacer en el proceso para este cometido, son válidos.
- Se debe simplificar la producción, agrupando la fabricación de esponjas por tipo de tamaño, densidad y grosor de laminados, que formen un tipo de familias, a fin de obtener mayor flexibilidad para hacer cambios en las líneas y tener una buena capacidad de respuesta ante pedidos urgentes.

- Todas las áreas deben sujetar sus operaciones de acuerdo con la capacidad del área de curación (el tambor); nadie está autorizado. Ya que esta área es la que da la pauta para continuar el proceso en las demás áreas.
- La apertura de órdenes de producción debe hacerse en lotes más pequeños, a efecto de que cada día se produzca de todo un poco, es decir, de todos los modelos y tamaños de esponjas, con el propósito de mantener proporcionada el área de bodega de producto terminado, contrarrestando así el fenómeno del “palo de jockey”.
- El objetivo de toda empresa es crecer en ventas y crecer en volumen. Las demandas son cambiantes y con tendencia a incrementarse si se brinda un buen servicio. Esto implica que, en determinado momento, el sistema de flujo de producción sincronizada llegue a ser inoperante porque ha sido necesario ampliar el área o implementar un nuevo sistema en el aire para lograr un proceso más rápido que el tambor que es el área de curación para producir más bloques en menor cantidad. En esa instancia, es necesario reevaluar el flujo de producción, redefinir el tambor, redefinir el amortiguador y, definitivamente, volver a realizar los cambios y adaptaciones pertinentes.

## 4.2 Prueba piloto del nuevo sistema

En este capítulo referente a la implementación del nuevo sistema de control de producción, se consignan algunas de las acciones que, en tal sentido, desarrolló la compañía motivo de estudio, y que incluyen la puesta en marcha de una **prueba piloto** del diseño propuesto, como se comenta en seguida.

La primera acción tomada al respecto, fue la capacitación de supervisores de producción, en cuanto al conocimiento de esta nueva metodología de trabajo. Para el efecto, entre otras actividades, al citado personal le fue impartido el seminario denominado “Buenas Prácticas de Manufactura”, por parte de la Asociación de Gerentes de Guatemala.

Asimismo, el equipo de supervisores de producción participó en el taller “Manufactura Sincronizada DBR”, organizado por la Cámara de Industria de Guatemala y Visual Knowledge C.A.

Dicho personal, a su vez, transmitió al resto de personal de la empresa, los conocimientos adquiridos en estas actividades de capacitación, para facilitar la labor de implementación.

De tal cuenta, pues, que luego de la capacitación previa al personal, se dió inicio a la Prueba piloto en referencia, con participación activa del equipo de trabajo del departamento de producción.

#### **4.2.1 Elaboración de formatos para el sistema de controles**

En el área de espumado, se ha utilizado un sistema de control para hacer las verificaciones de los componentes, para que las mezclas de ellos puedan ser casi exactas a las fórmulas, permitiendo un error mínimo que se haya estipulado para tener un espumado deseado y se produzca menos desperdicio de esponja a la hora de terminar el proceso.

A la vez se desarrolló un control del inventario de lo que en bodega de producto terminado para facilitar la salida del producto y mantener un constante control de la esponja que hay en bodega, para reducir el stock de producto terminado.

El desarrollo de un control del laminado también fue esencial para ver si se mantenga el estándar y la calidad de la esponja elaborada y control de mantenimiento de maquinaria para evitar fallas y averías en las máquinas, para evitar costos innecesarios y altos. Los resultados obtenidos a raíz de esta prueba, se contemplan, detalladamente, en el capítulo anterior (PROPUESTA DE MEJORAS).

Con estos nuevos formatos podemos controlar la producción, la reducción de desperdicios, tiempo, entre otro por medio de índices de evaluación que se hacen al obtener varios controles que se pueden dar semanales, quincenales o mensuales, dependiendo de lo que se está evaluando.

#### 4.2.1.1 Control semanal de formatos

El control semanal que se llevó a cabo en la prueba piloto fue de las áreas de laminado y espumado, siendo así el del área de espumado el control que se lleva de la dosificación de los componentes químicos y los timers, en donde se controlan y se ve el mejoramiento de ellas por medio de los errores que se tienen, así tomando en cuenta que cada vez deben estos errores deben ser menores, ya que si no se debe de hacer correcciones en las fórmulas para su mejoramiento. Y el formato que se utilizó es el siguiente:

**Tabla XIV.** Control de dosificación de componentes

CONTROL DE DOSIFICACIÓN DE COMPONENTES				
				Fecha de Verificación: _____
COMPONENTES:	TIEMPOS FÓRMULA	Fórmula (grs)	Peso Real (grs)	ERROR
POLYOL				
CLORURO DE METILENO				
SILICONA				
AMINA				
AGUA				
TDI				

Supervisor: \_\_\_\_\_

Fuente: Cynthia Alonzo

Y para medir los rendimientos que se obtienen al elaborar la esponja, se realizó un formato de un control en la cual se obtuvo mejores resultados al mantener un control de la dosificación, ya que al comparar este método con la forma anterior con la que se trabajaba se redujo los desperdicios de esponja a la hora de laminar la esponja, ya que se tiene un mejor control y se puede verificar de inmediato en donde están los errores para corregirlos.

El formato que se utilizó para el control de la calidad de la esponja es el siguiente:

**Tabla XV.** Control de calidad de esponja

### CONTROL DE CALIDAD DE ESPONJA

FECHA	DENSIDAD	TEMP	TAMAÑO	DEN REAL	RENDIMIENTO DE PESO						RENDIMIENTO DE VOLUMEN		
					KG QUIMICO	KG SEMI	% EVA P	KG SEMI	KG SCRAP	% REND	VOLUMEN T	VOLUMEN R	% REND

Fuente: Cynthia Alonzo

Para la supervisión de los operarios y el área de trabajo, también se elaboro un nuevo formato, en donde se puede observar su rendimiento, esto fue para ver la eficiencia de cada trabajador en sus distintas áreas de trabajo, solucionar los problemas que en su área podrían tener para que el operario se sienta mejor y así mejoró la eficiencia del operario al tener en prueba este formato de control.

El formato de control de rendimientos de los operarios es el siguiente:

**Tabla XVI. Rendimiento de operarios**

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">Fecha de Inspección</div> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 20px;"></div> </div>											
Puntos a Evaluar											
Áreas según ubicación de Maquinaria											
	Funcionamiento de Máquina			Evaluación del Operador			Evaluación del Área			Puntuación General de 1 a 10	Observaciones Generales
	Bueno	Malo	Descripción del Problema	Uso de Implementos de Seguridad			Limpieza del Lugar				
				Si	No	Observación	Buena	Regular	Mala		
Máquina Espumadora											
Laminadora Horizontal											
Laminadora Vertical											
Máquina Corrugadora											
Orden de Herramientas:		Observaciones Generales / Descripción de Accidentes en Áreas de Trabajo									
Bueno											
Regular											
Malo											
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; display: inline-block;">Nombre y Firma de Encargado que Superviso</div> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 20px; margin-left: 10px;"></div>											

Fuente: Cynthia Alonzo

#### 4.2.1.2 Control quincenal de formatos

Para el control del funcionamiento correcto de las maquinarias se realizó un control quincenal de la lubricación que se da, y a la vez que se pueda llevar un control de las fechas de los mantenimientos preventivos que se les realizan a cada una de ellas, actualmente la empresa contiene un control de lubricaciones pero no llevaba un control detallado y escrito y a la hora de hacer las lubricaciones o reparaciones, no hay un expediente que pueda servir de ayuda para ver si las fallas o averías son dadas por un descuido, por lo que se sugirió implementar unos nuevos formatos de control, en donde el control de lubricación es el siguiente:

**Tabla XVII.** Control de lubricación

Control de lubricación						
Fecha de verificación: _____						
Lubricantes:	Lunes	martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Iso 15						
Iso 150						
Grasa EP-2						
Dieléctrico						
otro _____						
Supervisor: _____						

Fuente: Cynthia Alonzo

Para el control de mantenimiento el formato de control es más pequeño pero este debe de llevar información clara y precisa de todas las fallas o averías que se encontraron en el momento del mantenimiento, esto en caso de haber alguna, esto mejorará el funcionamiento de las maquinarias y para prevenir las futuras fallas que podría tener, se hizo otro formato de control en donde se observan los mantenimientos preventivos que se dan a las máquinas, y así prolongar el tiempo de vida útil de la maquinaria. En este mantenimiento se deben de hacer una lubricación mayor a todas las partes de la maquinaria, ya que en el formato anterior se lubrican ciertas partes de la maquinaria que son necesarias lubricar diaria o semanalmente para un mejor resultado a la hora de obtener las esponjas.

En donde el formato de control de mantenimiento el siguiente:

**Tabla XVIII.** Control de mantenimiento

<b>Control de Mantenimiento</b>		
Fecha de verificación:		
<b>MÁQUINA</b>	<b>Fecha</b>	<b>Descripción de Falla</b>
Laminadora Horizontal		
Laminadora Vertical		
Máquina Corrugadora		
Máquina Espumadora		
otro _____		

Supervisor: \_\_\_\_\_

Fuente: Cynthia Alonzo

Estos controles deben de ser supervisados por el jefe de mantenimiento, ya que cualquier problema que se encuentre debe de corregirse rápidamente para evitar cualquier paro de las maquinarias por algún problema imprevisto. El formato de control preventivo sugerido es el siguiente:

**Tabla XIX.** Control de mantenimiento preventivo

CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MÁQUINAS							
No. de Mantenimiento							
Fecha de Mantenimiento							
<b>Puntos a Evaluar</b>							
Limpieza y Estado de las Maquinarias							
	Estado de la Máquina		Limpieza de Engranajes y Cadenas	Limpieza en General	Observación para el próximo mantenimiento		
	Bueno	Malo					
Máquina Espumadora							
Laminadora Horizontal							
Laminadora Vertical							
Máquina Corrugadora							
Revisión y estado de cableado eléctrico			Observaciones		Revisión y estado de Cajas Eléctricas		
Disposición y funcionamiento del cableado eléctrico					Disposición y funcionamiento de caja de Flipones		
Bueno					Bueno		
Regular					Regular		
Malo					Malo		
Observaciones Generales				Nombre y Firma de la Persona encargada de Mantenimiento			

Fuente: Cynthia Alonzo

Además con las pláticas del manejo de maquinaria y la importancia del uso de protección de equipo ayuda a disminuir los costos variables que tiene la empresa en accidentes y se puede reflejar en la hoja de control quincenal de accidentes (ver Tabla XII, capítulo tres).

#### **4.2.2 Elaboración de hoja de control de inventario de bodega de esponja**

La elaboración de una hoja de control de inventario de bodega de esponja ayudará a minimizar el stock de la bodega y controlar lo que ingresa y sale de la bodega de producto terminado, ya que eso elimina todo el producto que no está en movimiento y eso reducirá algunos costos de la empresa.

Es importante mantener un inventario de todos los productos semielaborados –aquellos productos que se encuentran en el almacén temporal, después de haber pasado el proceso de curación- y todos aquellos productos finales.

**Tabla XX.** Control de inventario de bodega

HOJA DE CONTROL DE INVENTARIO DE BODEGA									
FECHA: _____	CANTIDADES								
LAMINADO DE CLIN	DENS DE 15	DENS DE 17	DENS DE 18	DENS DE 19	DENS DE 20	DENS DE 21	DENS DE 22	DENS DE 23	DENS DE 24
<b>TAMAÑO</b>									
14 X 16"									
16 X 18"									
18 X 20"									
20 X 24"									
<b>TOTALES</b>									
LAMINADO DE BLQ									
<b>TAMAÑO</b>									
14 X 16"									
16 X 18"									
18 X 20"									
20 X 24"									
<b>TOTALES</b>									

Fuente: Cynthia Alonzo

## **5. SEGUIMIENTO PARA LA COMPROBACIÓN DE LAS MEJORAS PROPUESTAS Y ADAPTACIONES PARA LA PROLONGACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL SISTEMA**

En las siguientes líneas se describen los lineamientos que servirán como parámetros de medición de las mejoras alcanzadas con el nuevo diseño. Así también, se plantean sugerencias de los indicadores de desempeño que se pueden utilizar para hacer un análisis del nuevo sistema y además darle sugerencias para darle mantenimiento al nuevo sistema de control de producción, e incluso prolongarle la vida útil, apoyándose en softwares que le permitan una mayor trascendencia.

### **5.1 Evaluación de la efectividad del sistema de controles:**

Los índices de evaluación que a continuación se presentan, son útiles como parámetros de medición del cumplimiento de las mejoras esperadas del nuevo sistema de control de producción.

El nuevo sistema de control tiene como objetivo facilitar a la empresa las responsabilidades de planeación y control de cada uno de los grupo operativo, información permanente e integral sobre su desempeño, que les permita a éstos autoevaluar su gestión y tomar los correctivos del caso.

Estos índices guardan una estrecha relación con los requerimientos y las necesidades de la industria de esponjas, citándose los siguientes:

#### **5.1.1 Tiempo de entrega de producto terminado**

La importancia de este índice radica en la credibilidad y satisfacción del cliente, ya que, además de recibir un producto de alta calidad y a un precio justo, recibe un servicio de excelencia, y en el tiempo requerido.

Este nivel de servicio se debe fomentar y medir, también, entre los clientes internos que conforman el sistema de producción de la empresa en estudio.

Una manera fácil de medirlo es relacionarlo directamente con el ciclo de fabricación del sistema. Y una manera de agilizarlo es el procuramiento de que por el sistema específicamente por el tambor del mismo y que fluyan modelos y tamaños de esponjas que estén acordes a la proporción de los pedidos de las industrias.

#### **5.1.2 Eficiencia y productividad del proceso**

Los costos en el proceso si se mantiene un flujo sincronizado de producción, el inventario en proceso en cualquiera de las áreas de producción que se encuentren inmediatamente después del “tambor”, no debe ser mayor a la capacidad de este último.

Una forma fácil de medir este índice, la constituye el concepto de días en dólares o en quetzales, según como lo maneje la empresa, una medición del valor del inventario y del tiempo que éste permanece dentro de un área. Para utilizar esta medida, se podría simplemente multiplicar el valor total del inventario por el número de días que el mismo permanece dentro del área.

Los días en dólares o quetzales pueden resultar beneficiosos de varias maneras. Considérese la práctica corriente de utilizar las eficiencias o el uso de los equipos como medida de desempeño. Para obtener altas utilidades se mantienen grandes cantidades de inventario para que todo siga funcionando. Sin embargo, unos grandes inventarios darían como resultado un alto número de días en dólares o quetzales.

La eficiencia y productividad del proceso estarán determinadas por los tres parámetros de evaluación de la Teoría de las Restricciones: throughput o demanda atendida, inventario y gasto de operación; si se logra controlar esas tres variables incrementando la demanda atendida o throughput, y disminuyendo las otras dos, automáticamente se estará siendo eficientes y productivos. Y se podrá analizar por medio de los costos en el proceso.

### **5.1.3 Desperdicios**

Al dirigir la producción directamente hacia la demanda, se obtiene como resultado un menor volumen de inventario en proceso. Mientras menor sea dicho volumen, menor será también la cantidad que se desperdicie de materia prima.

Con el control de rendimientos también ayudará a que a la hora de hacer las esponjas no haya desperdicios de materia prima al elaborarlo y a la hora de cortarlo no salgan residuos que al final son desperdicios.

Para monitorear el desperdicio de materia prima en proceso, es necesario delimitar el estudio hacia las materias primas más usadas: poliol, TDI, cloruro de metileno, silicona, agua, amina y octoato, con la verificación de las fórmulas, ya que es necesario tener un control rígido hacia las mismas, ya que al hacer mal la mezcla habrá un problema de calidad y al no servir producirá desperdicios.

También coadyuva al monitoreo la medición días en dólares o quetzales, -esto dependerá según el análisis de la empresa- de inventario en proceso.

El flujo sincronizado ayuda también, en el sentido de que restringe y ordena la óptima utilización de la materia prima.

Entre mayor sea el desperdicio en la empresa mayores serán los gastos de la misma, es por eso que es necesario mantener índices de evaluaciones por medio de indicadores que mantienen en control a la empresa para verificar si se mantiene en un rango y cada vez mejorarlo según las metas que sean propuestas internamente en las áreas.

## **5.2 Procedimiento de monitoreo de índices de evaluación del sistema:**

La manufactura sincrónica promueve el cierre de órdenes de producción, en vista de que alimenta al sistema, órdenes que están relacionadas con el ciclo de fabricación y que por lo tanto deben ser cerradas en dicho ciclo.

Debido a la necesidad de que el proceso de fabricación de esponjas sea más flexible, se hace imperativo que los lotes de fabricación sean cada vez más pequeños. Esto también simplifica el procedimiento de apertura y cierre de órdenes de producción.

El procedimiento más eficaz de monitoreo es aquél que se realiza frecuentemente. Para este caso se creará un comité evaluador que se reunirá todos los días para el chequeo de pedidos pendientes, días en dólares o en quetzales de inventario, generación de throughput o la demanda atendida y cierre de órdenes de producción.

Para lograr que la evaluación sea colegiada, el comité estará integrado por un representante del departamento de ventas, un representante del departamento de logística y un representante del departamento de producción. Este comité será el encargado de identificar las amenazas al cumplimiento de los índices y poder así prevenirlas.

### **5.2.1 Índices de evaluación**

Los índices de evaluación pueden ser todas aquellas formas en donde se lleva un control de las eficiencias, rendimientos y controles de los productos existentes.

Es importante que la empresa desarrolle e implemente indicadores de desempeño –KPI- que serán los índices de evaluación para la empresa. Ya que es necesario hacerlo porque lo que no se mide, no se mejora, y para que la empresa crezca y pueda mejorar a la competencia es necesario medir su desempeño.

Las formas de evaluarlo se puede ver por medio de un análisis financiero del nuevo sistema y evaluando si los gastos de la nueva área es menor a los ingresos generados por abrir esta área, ya que es importante mantener siempre este constante análisis para saber si es necesario mantener este tipo de implementación.

A la vez hacer un análisis conforme a los formatos de control para ver si los rendimientos, las eficiencias de los operarios son mayores, que sea favorablemente la disminución de los accidentes que se encuentran en la empresa y haya una mayor seguridad, que haya menores desperdicios de material, el mantenimiento de las máquinas sea constante para evitar las fallas y averías que puedan tener y prolongar su vida útil, entre otros, así se podrá evaluar que este nuevo sistema ha reducido costos y mejorado la producción de la elaboración de esponjas.

Los índices de evaluación son determinantes para que todo proceso de producción, se lleve a cabo con eficiencia y eficacia, al implementar un sistema adecuado de indicadores para calcular la gestión o la administración de los mismos, con el fin de que se puedan efectuar y realizar los indicadores de gestión en posiciones estratégicas que muestren un efecto óptimo en el mediano y largo plazo, mediante un buen sistema de información que permita comprobar las diferentes etapas del proceso logístico.

Los tipos de indicadores que se pueden utilizar para el control son:

#### **Indicadores de eficiencia:**

Indicador	Fórmula
<b>Productividad de mano de obra</b>	$= \frac{\text{Producción}}{\text{Horas-hombre trabajadas}}$
<b>Indicador de rotación de trabajadores</b>	$= \frac{\text{Total de trabajadores retirados}}{\text{Número promedio de trabajadores}}$

Estos indicadores revelan y comparan cuanta eficiencia tiene los trabajadores según las horas trabajadas, y cuántos trabajadores se han retirado con el promedio de trabajadores.

### Indicador de accidentes:

Indicador	Fórmula
<b>Frecuencia de accidentes</b>	$= \frac{\text{No. de accidentes incapacitantes} \times 1.000.000}{\text{Horas-hombre trabajadas}}$

Este indicador servirá para comparar cuántos accidentes ocurren durante el período de trabajo con las horas trabajadas.

### Indicadores de mermas:

Indicador	Fórmula
<b>Nivel de calidad</b>	$= \frac{\text{Total productos sin defectos}}{\text{Total productos elaborados}}$
<b>Participación de defectos</b>	$= \frac{\text{Total productos con defecto "X"}}{\text{Total productos con defectos}}$

Estos indicadores sirven para comparar la cantidad de producto que está saliendo con defecto a la hora de producirlo con los productos elaborados.

### Indicadores de producción:

Indicador		Fórmula
<b>Productividad maquinaria</b>	=	$\frac{\text{Producción}}{\text{Horas máquina}}$
<b>Indicador mantenimiento-producción</b>	=	$\frac{\text{Costo de mantenimiento}}{\text{Costo de producción}}$
<b>Efectividad del mantenimiento</b>	=	$\frac{\text{RPS} + \text{PRD} + \text{HMP}}{\text{RPR} + \text{MNT} + \text{DSP} + \text{HMO}}$

En donde las siglas significan:

**RPS:** Costo de reposición de la máquina o máquinas reparadas en el año.

**PRD:** Costo de la producción obtenida con las máquinas.

**HMP:** Horas máquina productivas o realmente trabajadas en el año.

**RPR:** Costo total de las reparaciones.

**MNT:** Costo del mantenimiento preventivo.

**DSP:** Costo del desperdicio originado por el mantenimiento y por las reparaciones.

**HMO:** Horas máquina ociosas motivadas por descompostura, mantenimiento y reparación.

### Indicador para el nuevo almacén temporal:

INDICADOR	DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPACTO (COMENTARIO)
<b>Costo de Almacenamiento por Unidad</b>	Consiste en relacionar el costo del almacenamiento y el número de unidades almacenadas en un período determinado	$\frac{\text{Costo de almacenamiento}}{\text{Número de unidades almacenadas}}$	Sirve para comparar el costo por unidad almacenada y así decidir si es más rentable subcontratar el servicio de almacenamiento o tenerlo propiamente.

#### 5.2.1.1 Inventario en el sistema versus inventario físico

Este tipo de monitoreo para evaluar el sistema nuevo sirve para llevar el control del nuevo sistema por medio de un sistema de programación computarizados que agiliza y facilita el control contra un inventario físico, para lograr ver si se mantienen igual y así lograr tener cero errores en el control de inventarios.

Si es así significa que se está manteniendo un control y se le está dando un seguimiento para que siga igual a través del tiempo y cada vez ver la manera de mejorar este método para que cada vez haya mayor productividad en la empresa. Ya que cuando se logre una mayor productividad, la recomendación es volver hacer un análisis para mejorar la producción y el

sistema de control en el sistema debe de mejorarse hasta tener una automatización en el control.

#### **5.2.1.2 Evaluación de rendimientos en el sistema**

El mejoramiento de la empresa se debe hacer por medio de evaluación de rendimientos en el sistema y esta se deberá hacer constantemente para ver que todo este funcionando bien y que la calidad del producto se mantenga a pesar de las reducciones de tiempo. Esta evaluación en el sistema nos dará las verificaciones de que el rendimiento en el producto no ha bajado sino que ha aumentando pasando el 100% de eficiencia.

Para realizar esta evaluación es necesario mantener una hoja de control del sistema donde se contemplan, detalladamente en 4.2.1.1 -Control Semanal de Formatos-, capítulo 4, anterior -IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL DE PRODUCCIÓN- donde aparece un bosquejo de esta implementación en las tablas: tabla XIV Control de dosificación de componentes, tabla XVI Control de calidad de la esponja, tabla XVI Rendimiento de Operarios, tabla XVII Control de lubricación, tabla XVIII Control de mantenimiento y tabla XIX Control de mantenimiento preventivo.

Con ella se puede controlar rendimientos de la calidad de la materia prima, el producto final y el de los operarios, así logrando saber cuál es el problema si lo hubiera y mejorando sus rendimientos, agilizados y auxiliados por nuevos softwares.

### **5.3 Plan de mejoramiento continuo al sistema de controles de producción**

Este plan de mejoramiento al sistema de control se debe hacer después de implementarse el sistema, buscar apoyo en programas de computación que agilicen la automatización de los controles y brinden información en línea que coadyuve a una mejor toma de decisiones.

El tiempo estimado para llevar a cabo la verificación de la implementación de un nuevo almacén temporal es de dos meses continuos.

Cabe mencionar que cuando una restricción se rompe, todo el sistema de control que anteriormente era el óptimo, puede dejar de serlo. Por lo que es preciso tomar en cuenta en los planes de mejoramiento continuo que al momento de suceder esto, se debe implementar el estudio y diseño de los nuevos controles de producción, acorde con las nuevas necesidades. Es por ello que se debe de mantener las evaluaciones detalladas para cada sistema de control, para evitar una mala planificación y estar alerta a los nuevos cambios que se pueden dar en el sistema.

#### **5.3.1 Software para la agilización del sistema**

En la actualidad, la mayoría de las empresas manufactureras utilizan un programa de producción maestra, que es la mejor conjetura de la administración acerca de los requerimientos de producción que se anticipan para el futuro. Mientras que los requerimientos del programa de producción a corto plazo representan los pedidos de la empresa, los pedidos a largo plazo generalmente representan estimaciones de ventas. Conforme las condiciones económicas y de otro tipo cambian con el tiempo, todas las estimaciones

anteriores se ajustan a la luz del conocimiento presente respecto de las condiciones y perspectivas.

La actualización del programa de producción maestra es, obviamente, un proceso en constante evolución y que nunca termina, por lo que uno debe también mantenerse actualizado en los nuevos softwares que nos pueden ayudar a nuestro sistema y mantener un constante mejoramiento en esto.

Alguno de los software que nos pueden ayudar para llevar a cabo las planificaciones y darles seguimientos a las propuestas que se dan pueden ser:

- **MRP**

Los paquetes de software de planeación de requerimientos de materiales (MRP) se usan generalmente para “explorar” es decir, procesar la estructura jerárquica de partes y armados, requerimientos del producto, comenzando con los compromisos de fecha requerida de producto terminado, hasta las fechas en las cuales todos los materiales del producto deben ser comprados, recibidos, submontados y montados antes del embarque, a fin de cumplir con los compromisos de entrega. Esta fase se conoce como la parte de máquina de proceso MRP. La fase en la cual el producto se fabrica en el área de producción antes del embarque al cliente se conoce como extremo posterior del proceso.

Una conjetura generalmente válida es que la producción del producto es relativamente fácil en la fase de extremo posterior, si todo lo demás en las fases de extremo frontal y de máquinas se llevó a cabo puntualmente. Sin embargo, los contratiempos en la fabricación a menudo se debe al fracaso del proceso de

planeación para proporcionar documentación, equipo, herramientas, materiales y recursos humanos cuando se necesitan. Es como hornear un pastel: si se dispone de todos los ingredientes especificados, es fácil hornear el pastel. Si faltan algunos ingredientes, es probable que se tenga que hacer sustituciones u otros ajustes y que esto ponga en riesgo la calidad final del producto. La mayoría de los sistemas MRP intentan reducir al mínimo la ocurrencia de estos problemas con el tiempo.

- **MRPII**

Muchas empresas han padecido o han escuchado “historias de horror”, muchas de ellas son verdaderas acerca de intentos frustrados, desorganizados y costosos de otras compañías para implementar sistemas MRPII es decir, planeación de requerimientos de material, generación II. Sin embargo, normalmente no hay otra elección racional que no sea la transición. MRPII es una necesidad para la mayoría de empresas manufactureras en el ambiente actual de competencia a escala internacional y, por lo tanto, debe implementarse para que la organización siga siendo competitiva en el futuro. Así, el objetivo debería ser avanzar cuidadosamente y obtener la ayuda profesional necesaria para elevar al máximo el éxito y reducir al mínimo los problemas de la implementación.

De forma análoga, muchas empresas han pagado costos considerables, y algunas han estado a punto de quebrar, cuando intentan implantar un sistema CAD apropiado y viable para sus operaciones. No obstante, para la mayoría de las empresas en el negocio del diseño hoy en día, CAD es una necesidad profesional. La única acción racional consiste en intentar asegurar una

transición exitosa a un sistema CAD apropiado para satisfacer las necesidades presentes y futuras.

- **OPT**

Hay softwares que son creados basándose en la teoría de las restricciones entre estas está las de Goldratt, quién fue el que sostuvo que los fabricantes no estaban haciendo un buen trabajo al programar y controlar sus recursos e inventarios. Para resolver este problema, Goldratt y sus asociados desarrollaron, en una compañía llamada Creative Output, un software que programaba las tareas a través de los procesos de fabricación, teniendo en cuenta las restricciones en las instalaciones, las máquinas, el personal, las herramientas, los materiales y otras restricciones que pudieran afectar la capacidad de una firma para adherirse a un programa.

Esto se llamó optimizad production technology (OPT) - tecnología de producción optimizada-. Los programas eran factibles y exactos, y podían correrse en un computador en una fracción de tiempo necesario para un sistema de MRP. Esto se debía al hecho de que la lógica de programación estaba basada en la separación de las operaciones de cuello de botella y de no embotellamiento. Para ayudar a comprender los principios que están detrás de la lógica de programación OPT, Goldratt describió nueve reglas de programación de la producción. Después de que aproximadamente cien firmas habían instalado este software, Goldratt decidió promover la lógica del enfoque en lugar del software.

Para el área de Centroamérica existe un proveedor de software basado en la Teoría de restricciones; siendo éste Visual Knowledge, cuyo Website es [www.visualk.com](http://www.visualk.com), en la cual nos podemos ir actualizando en el software que se esté utilizando en el mercado, para mantener un seguimiento de todas las propuestas y al ir mejorando pueda ser que crezca la demanda de la esponja y la producción aumente, es donde uno debe de mantener una mejora continua no solo en los procesos sino en la tecnología que se está utilizando.

## CONCLUSIONES

1. Se establecieron los inconvenientes de pérdida de tiempo que afectan el proceso de producción, que merman la rentabilidad en la elaboración de la espuma de poliuretano.
2. En el área de espumado se establecieron procesos y procedimientos de cómo se deben de hacer cada actividad en su respectiva área de trabajo, para que el sistema sea aplicable.
3. Se hallaron oportunidades de mejora en los sistemas de seguridad y señalización industrial, se propone mejoras básicas como señalización de ruta de evacuación, métodos de reducción de desastres, incluyendo capacitaciones con instituciones apropiadas para reducir accidentes; el control de periódicos de extinguidores con el fin de crear un ambiente seguro reduciendo la probabilidad de un siniestro.
4. Mediante un análisis de costos, se determinó que al carecer de producto de entrega inmediata se perdían potenciales clientes; se propone crear un área de almacenaje temporal que permita tener a disposición productos semielaborados, que reduzca considerablemente el tiempo de producción, para mejorar el tiempo de entrega y satisfacer a los clientes.
5. La falta de control calificado en las maquinarias hace gastar en reparaciones innecesarias y tener paros temporales y parciales en la producción por las fallas y averías que se puedan dar en la maquinarias,

por lo que se propone mantener un control de mantenimientos preventivos periódicos que ayudan a que mantengan la vida útil de la maquinaria, entre ellos la lubricación diaria y semanal, las supervisiones por técnicos calificados, según las especificaciones de la maquinaria.

6. Implementando evaluaciones y sistemas de controles que fueron objeto de estudio de esta investigación, se puede mejorar la elaboración espuma de poliuretano. Se puede mencionar ciertas evaluaciones como recomendaciones, para la empresa de poliuretanos.

## RECOMENDACIONES

1. La precipitación en el cumplimiento de cuotas en materia de producción, crea metas irreales, llevando muchas veces a un desorden por lo tanto se debe crear una planificación de procesos productivos para solucionarlo.
2. Se debe de aumentar el inventario en proceso de semielaborados creando una nueva área para este proceso de almacenaje temporal, para mantener un stock que minimice el tiempo de espera para la terminación del producto final.
3. Coordinar con instituciones del estado, ONG's, entidades privadas, programas de capacitaciones para la prevención de desastres de posibles siniestros y desastres naturales, simulacros de incendios, simulacros de terremotos, rutas de evacuación y primeros auxilios. Colocar botiquines de primeros auxilios, con control periódico de sus materiales de curación que los componentes.
4. Se recomienda un control semanal de formatos para medir los rendimientos que se obtienen al elaborar la esponja, reduciendo los desperdicios y mejorando la calidad del producto.
5. Se recomienda una supervisión de los operadores en las áreas de trabajo, para mejorar la eficiencia y rendimientos de los mismos y las maquinarias que utilizan.

6. Se recomienda el control del mantenimiento en las maquinarias, para minimizar averías y fallas y así prolongar la vida útil de las maquinarias y reducir gastos en reparaciones innecesarias.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Chase, Richard B., y otros. **Administración de producción y operaciones Manufactura y servicios.** 8ª edición. Colombia: McGraw-Hill Interamericana, 2003.
2. Franklin, Enrique Benjamín. **Organización de Empresas. Análisis, diseño y estructura.** México: McGraw-Hill Interamericana, 2000.
3. Gaither, Norman, y Grez Frazier. **Administración de producción y operaciones.** 8ª edición. México: Internacional Thomson Editores, 2000.
4. Gustavo Velázquez Mastretta. **Administración de los sistemas de producción.** Sexta Edición. México: Noriega Editores. 2007.
5. James Riggs, Limusa, Noriega. **Planificación, análisis y control.** Editores Sistemas de producción. 1998
6. Norberto Munier. **Planeamiento y control de la producción.** Técnicas modernas Editorial Astre. 1973
7. Salvat Editores. **Enciclopedia Salvat.** XII Vols. España: Salvat Editores, S.A., 1972.

8. Schroeder, Roger G. **Administración de operaciones**. 3ª edición. México: McGraw-Hill Interamericana, 1999.
9. Schonberger, Richard J. **Manufactura de categoría mundial**. Colombia: Editorial Norma, S.A., 1992.
10. Thomas E. Vollmann, William L. Berry, D. Clay Whybark. **Sistemas de planificación y control de la fabricación**. 3ra edición. Editorial Irwin. 1995

## ANEXO

Tabla 68.5 • Clasificación de los accidentes más frecuentes de los plantadores según la parte corporal afectada (porcentaje de 122 informes relativos a 48 individuos en Quebec).

Clasificación	Parte del cuerpo	% total	Causas relacionadas
1	Rodillas	14	Caidas, contacto con herramienta, compactación del suelo
2	Piel	12	Contacto con el equipo, mordeduras y picaduras de insectos, quemaduras solares, agrietamiento
3	Ojos	11	Insectos, repelentes de insectos, ramas
4	Espalda	10	Encorvarse frecuentemente, transportar cargas
4	Pies	10	Compactación del suelo, ampollas
5	Manos	8	Agrietamiento, arañazos por contacto con el suelo
6	Piernas	7	Caidas, contacto con herramienta
7	Munecas	6	Rocas ocultas
8	Tobillos	4	Tropezones y caídas, obstáculos ocultos, contacto con herramienta
9	Otros	18	—

Fuente: Giguere y cols. 1991, 1993.

[http://saludyseguridad.blogspot.com/2009\\_04\\_01\\_archive.html](http://saludyseguridad.blogspot.com/2009_04_01_archive.html)

# BOSQUEJO DE PLANO DE UNA PLANTA PARA ELABORACIÓN DE ESPUMA POLIURETANO

