



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

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MUESTREO PARA ESTABLECER  
PARÁMETROS Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN EN LA ELABORACIÓN  
DE ESPONJAS DE POLIURETANO**

**Juan Carlos Sandoval Vásquez**  
**Asesorado por el Ing. Willian Antonio Aguilar**

Guatemala, enero de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MUESTREO PARA ESTABLECER  
PARÁMETROS Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN EN LA ELABORACIÓN  
DE ESPONJAS DE POLIURETANO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**JUAN CARLOS SANDOVAL VASQUEZ**

ASESORADO POR EL ING. WILLIAN ANTONIO AGUILAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, ENERO 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. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Cesar Augusto Akú Castillo
EXAMINADOR	Ing. Danilo González Trejo
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Alvarado de León
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**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 DE UN PLAN DE MUESTREO PARA ESTABLECER  
PARÁMETROS Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN EN LA ELABORACIÓN  
DE ESPONJAS DE POLIURETANO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 23 de marzo de 2009.



Juan Carlos Sandoval Vásquez

Guatemala, octubre de 2009

Ingeniero José Francisco Gómez Rivera  
Director  
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
USAC

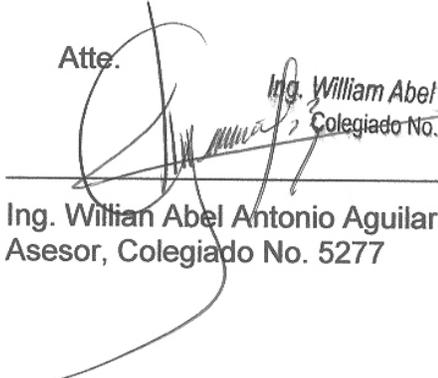
Ingeniero Gómez

Respetuosamente me dirijo a usted con el propósito de informarle que he procedido a la revisión del trabajo de graduación titulado **“Implementación de un plan de muestreo para establecer parámetros y criterios de aceptación en la elaboración de esponja de poliuretano”** presentado por el estudiante **Juan Carlos Sandoval Vásquez** y después de realizado las correcciones pertinentes, considero que el mismo ya cumple con los objetivos que le dieron origen.-

Por lo tanto hago de su conocimiento que en mi opinión el mencionado trabajo reúne los requisitos necesarios para la aprobación final.-

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atte.

  
Ing. William Abel Aguilar V.  
Colegiado No. 5277

Ing. William Abel Antonio Aguilar  
Asesor, Colegiado No. 5277

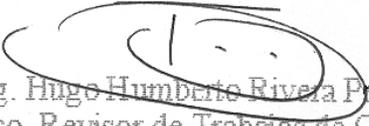
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MUESTREO PARA ESTABLECER PARAMETROS Y CRITERIOS DE ACEPTACION EN LA ELABORACION DE ESPONJAS DE POLIURETANO, presentado por el estudiante universitario Juan Carlos Sandoval Vásquez, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela Mecánica Industrial



Guatemala, Enero de 2010.

/agrm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

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 DE UN PLAN DE MUESTREO PARA ESTABLECER PARÁMETROS Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE ESPONJAS DE POLIURETANO", presentado por el estudiante universitario Juan Carlos Sandoval Vásquez aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

Y ENSEÑADA A TODOS

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
DIRECTOR  
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, enero de 2010.



/agrm

Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.028.2010

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 DE UN PLAN DE MUESTREO PARA ESTABLECER PARÁMETROS Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE ESPONJAS DE POLIURETANO**, presentado por el estudiante universitario **Juan Carlos Sandoval Vásquez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, enero 2010

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios y la Virgen María**

Por permitirme llegar a este momento, quienes merecen toda la gloria y el honor; infinitas gracias.

### **Mis padres**

Juan Carlos Sandoval Méndez.  
Rosa Carmina Vásquez Martínez de Sandoval  
Por haberme dado su cariño, consejos, esfuerzo, apoyo y motivarme a salir siempre adelante.

### **Mis hermanos**

Rosa Sandoval Vásquez.  
Marco Vinicio Sandoval Vásquez.  
Para que mi triunfo les sirva de ejemplo en su vida y también de orgullo para su futuro.

### **Mis abuelos**

Agapito Vásquez (q.e.p.d.)  
Brígida Martínez (q.e.p.d.)  
Gustavo Adolfo Sandoval (q.e.p.d.)  
Rosa Carlota Méndez de Sandoval (q.e.p.d.)  
Espero que Dios los tenga en su eterna gloria y los despierte un rato de su sueño eterno para compartir conmigo este triunfo.

### **Mi familia**

Por su cariño y apoyo incondicional.

### **Mis amigos**

Gracias por brindarme su amistad y por todos los momentos vividos.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**La Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Especialmente, a la Facultad de Ingeniería, por brindarme un espacio y permitir mi desarrollo profesional.

**Mi asesor**

**Ing. Willian Antonio Aguilar**

Por su ayuda y cooperación en la realización de este trabajo de graduación.

**El Ing. Mario Roberto Pinzón**

Por su afecto y darme la oportunidad de realizar este trabajo en su empresa, infinitamente agradecido y espero que la empresa siga logrando éxitos con base en su dirección.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....</b>	<b>V</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XIII</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>XV</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XVII</b>
<b>1. ANTECEDENTES GENERALES.....</b>	<b>1</b>
1.1. La empresa .....	1
1.1.1 Ubicación .....	1
1.1.2 Historia.....	2
1.1.3 Descripción .....	3
1.2. Información general.....	3
1.2.1 Visión .....	3
1.2.2 Misión.....	4
1.2.3 Código de valores .....	4
1.2.4 Estructura organizacional.....	6
1.3 Plan de muestreo .....	9
1.4 Muestreo aleatorio.....	9
1.4.1 Tamaño y elección de una muestra .....	9
1.4.2. Muestreo al azar simple .....	10
1.4.3 Muestreo al azar estratificado .....	11
1.4.4. Muestreo al azar sistemático .....	12
1.5 Muestreo de aceptación .....	12
1.5.1 Ventajas .....	14

1.5.2	Desventajas.....	15
1.5.3	Aplicación .....	15
1.6	Tipos de muestreo de aceptación.....	17
1.6.1	Muestreo por variables .....	17
1.6.2	Muestreo por atributos.....	19
1.7	Tipos de planes de aceptación .....	19
1.7.1	Muestreo simple .....	19
1.7.2	Muestreo doble.....	21
1.7.3	Muestreo múltiple .....	22
1.8	Formulación de lotes y selección de la muestra .....	22
1.9	Planes de muestreo de aceptación.....	26
1.9.1	Índices de calidad.....	26

## **2. ANÁLISIS ACTUAL DE LA EMPRESA ..... 33**

2.1	Producto de la empresa.....	33
2.1.1	Descripción del producto en estudio.....	34
2.1.2	Características generales del producto en estudio.....	36
2.1.3	Componentes .....	37
2.1.3.1	Especificaciones de sus componentes .....	42
2.2	Análisis del proceso .....	44
2.2.1	Análisis de cada una de las operaciones.....	44
2.3	Descripción del proceso actual .....	47
2.3.1	Diagrama de flujo de operaciones actual.....	48
2.3.2	Diagrama de recorrido del proceso actual .....	52
2.4	Análisis actual de control de calidad .....	54
2.4.1	Criterio de aceptación y rechazo actual.....	54

<b>3. PROPUESTA PARA ESTABLECER UN PLAN DE MUESTREO SIMPLE.....</b>	<b>57</b>
3.1. Diseño de un plan de muestreo simple.....	57
3.1.1 Military Estándar 105D (ANSI/ASQC Z1.4) .....	58
3.1.1.1 Esquema del MIL STD 105D .....	59
3.1.1.2 Niveles generales de inspección .....	60
3.1.1.3 AQL necesario para el producto .....	62
3.1.1.4 Tipos de inspección .....	63
3.1.1.5 Reglas de cambio .....	64
3.2 Hojas de verificación.....	65
3.2.1 Obtención de datos .....	68
3.3 Propuesta de mejora en áreas y departamentos de la empresa .....	69
3.3.1 Propuesta para el área de laboratorio .....	69
3.3.2 Propuesta para el área de curado.....	70
3.4 Propuesta para rediseñar el proceso actual .....	71
3.4.1 Diagrama de recorrido propuesto .....	72
<b>4. IMPLEMENTACIÓN PARA EL PLAN PROPUESTO.....</b>	<b>73</b>
4.1 Etapas de la implementación.....	73
4.2 Implementación del plan de muestreo .....	74
4.2.1 Uso de las tablas de inspección .....	75
4.3 Implementación de las hojas de verificación.....	78
4.3.1 Uso de las hojas de verificación .....	79
4.4 Gráficos de control por atributos.....	82
4.4.1 Gráficos P .....	82
4.5 Pruebas a realizar en la esponja.....	85
4.5.1 Pruebas de densidad.....	85
4.5.2 Pruebas de temperatura .....	88
4.5.3 Pruebas de elongación .....	89

4.5.4	Pruebas de desgarre .....	89
4.5.5	Pruebas de compresión.....	90
4.6	Prevención de los defectos.....	91
4.7	Criterio de aceptación del producto .....	92
4.8	Criterio de rechazo del producto.....	93
<b>5.</b>	<b>MEJORA CONTINUA.....</b>	<b>95</b>
5.1	Auditorías .....	96
5.1.1	Internas .....	96
5.1.2	Externas.....	97
5.2	Programa de monitoreo .....	98
5.2.1	Inspecciones periódicas .....	98
5.3	Interpretación del plan de muestreo .....	99
5.4	Capacitación de personal .....	100
5.5	Evaluación de métodos propuestos.....	100
5.6	Verificación.....	101
5.7	Resultados.....	102
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>103</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>105</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>107</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>109</b>

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Diagrama de la empresa	6
2	Esquema de un muestreo simple	20
3	División de un lote por muestreo	25
4	Curva para la capacidad promedio de salida CPS	29
5	Producto terminado	35
6	Diagrama de flujo de operaciones	48
7	Diagrama de recorrido actual	53
8	Hoja de verificación de esponja	66
9	Hoja de inspección para gráficos de control	67
10	Mascarilla profesional	70
11	Diagrama de recorrido propuesto	72
12	Gráfica P	84
13	Histogramas del control de densidad 16 Kg/m <sup>3</sup>	86
14	Histogramas del control de densidad 18 Kg/m <sup>3</sup>	87
15	Histogramas del control de densidad 21 Kg/m <sup>3</sup>	87

## TABLAS

I	Calidad promedio de salida, CPS, plan $n = 60$ , $c = 1$ .	30
II	Especificaciones de los componentes de la	43
III	Resumen de diagrama de flujo	52
IV	Letras de código para MIL STD 105D	60
V	Tabla maestra MIL STD 105D inspección normal	61
VI	Tabla de muestras para el gráfico P	82
VII	Tabla para inspección severa MIL STD 105D	109
VIII	Tabla para inspección reducida MIL STD 105D	110

## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
<b>LCS</b>	Límite de Especificación Superior
<b>LCC</b>	Límite de Especificación Central
<b>LCI</b>	Límite de Especificación Inferior
<b>N</b>	Tamaño lote
<b>n</b>	Tamaño de la muestra
<b>NCA</b>	Nivel de Calidad Aceptable
$\sigma$	Desviación estándar
<b>X</b>	Media de medias
<b>R</b>	Rango
<b>P'</b>	Fracción defectuosa
$\Sigma$	Sumatoria de datos



## GLOSARIO

<b>Calidad</b>	Grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.
<b>Control de calidad</b>	Parte de la gestión de la calidad orientada al cumplimiento de los requisitos de calidad.
<b>Cultura organizacional</b>	Son las diferentes políticas que adopta una organización o empresa hacia sus diferentes públicos.
<b>Disocianato de tolueno (TDI)</b>	TDI (disocianato de tolueno) son utilizados en combinación con poliéteres polioles como materia prima en la producción de piezas técnicas elastoméricas.
<b>Media aritmética</b>	Es la suma de las observaciones realizadas dividida entre la cantidad de observaciones correspondientes.
<b>Planificación de la calidad</b>	Parte de la gestión de la calidad enfocada al establecimiento de los objetivos de la calidad y a la especificación de los procesos operativos necesarios y de los recursos relacionados para cumplir con los objetivos de la calidad.

<b>Polyol</b>	Poliéteres-poliolés, utilizados en formulaciones de poliuretano que, en combinación, son utilizados en la producción de espumas flexibles para colchones, muebles de estar, sillones, autopartes, componentes para calzados, acolchados y aislantes acústicos.
<b>Mono</b>	Denominación que se le da en la empresa, cuando un bloque de esponja es dividido en dos partes iguales, los cuales pasan a ser laminados según las medidas requeridas.
<b>Lomos</b>	Se definen lomos como las piezas de esponja que salen de la parte superior de un bloque de esponja. La superficie superior es bastante irregular, dura y contiene unas protuberancias, que es producto de su amoldamiento con la tapadera superior del molde de espumado.
<b>Molido</b>	Son las partículas de esponja que provienen de la trituración de todos los desperdicios de la esponja.
<b>Aglutinantes</b>	Se define como aglutinantes los bloques o planchas de esponja que se obtienen a partir del aprovechamiento del molido de esponja, y por lo tanto, de los desperdicios, lomos y laterales.

<b>Proceso</b>	Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.
<b>Miscibilidad</b>	Es un término usado en química que se refiere a la propiedad de algunos líquidos para mezclarse en cualquier proporción, formando una solución homogénea.
<b>Coalescencia</b>	Propiedad o capacidad de ciertas sustancias para unirse o fundirse con otras en una sola.
<b>Rango</b>	Diferencia entre los números más altos y los más bajos en una distribución de frecuencias.
<b>Poliuretano</b>	Es básicamente la reacción de polímeros polihidroxilados, y sus aplicaciones van desde la industria de camas, muebles, alfombras, calzado, almohadas, material de empaque e industria textil.
<b>Variación</b>	Media de la suma del cuadrado de los valores observados a partir de la media.



## RESUMEN

Un sistema de control de calidad, es el conjunto de procesos relacionados entre sí, seguidos por una empresa para asegurarse de que sus productos o servicios cumplen con los requisitos de calidad establecidos.

Debido al análisis del proceso y de la situación actual, se determinó que la empresa no contaba con un sistema o método para tener un control sobre la calidad de la esponja, por lo que se consideró necesario diseñar un plan de muestreo para establecer parámetros y criterios de aceptación en la elaboración de esponja de poliuretano, con base en la herramienta Military Standard 105D, y con ello tomar decisiones específicas.

El plan de muestreo puede mejorar la calidad de los productos debido a que no sólo se trata de tomar muestras y registrar los resultados, sino que también de formar una cultura de calidad y un proceso de mejora continua.

El análisis del proceso se llevó a cabo por medio del Diagrama de flujo de operaciones y del análisis de cada una de las operaciones que se llevan a cabo en el proceso de producción, además de considerar necesario el uso de gráficos de control para tener mejores indicadores del estado de calidad.

Los gráficos de control indican la calidad del proceso en el período en el que se toman las muestras y si éste está bajo control o no; cuando el proceso no está bajo control se deben tomar decisiones y realizar una investigación sobre las causas especiales que hacen que el proceso no esté bajo control.

El personal con conocimientos de calidad, puede aportar más con sus habilidades para tomar decisiones correctas en cuanto a calidad se refiere. Por lo tanto, es importante capacitar al personal para que pueda hacer uso de las herramientas estadísticas, y con ello estar en el mejoramiento continuo.



## **OBJETIVOS**

### **General:**

Implementar un plan de muestreo para establecer parámetros y criterios de aceptación en la elaboración de esponjas de poliuretano.

### **Específicos:**

1. Describir los procedimientos utilizados para la producción de esponja de poliuretano.
2. Diagnosticar la situación actual del departamento de calidad y sus criterios para aceptar o rechazar el producto terminado.
3. Implementar un plan de muestreo a través de la Militar Stándar 105 D.
4. Diseñar hojas de verificación con las características a inspeccionar en el producto.
5. Establecer parámetros y criterios para aceptar o rechazar un lote de producto terminado.
6. Implementar procedimientos para realizar pruebas de calidad.
7. Incorporar al personal en el control de la calidad y así obtener una mejora continua.



## INTRODUCCIÓN

En un mundo donde la tecnología se encuentra en su máximo esplendor y en el que en toda empresa es indispensable contar con sistemas o métodos que ayuden a establecer un control sobre los estándares, en lo que concierne a la calidad para poder ser competitiva en el mercado, tanto nacional como internacional, por lo tanto, toda empresa se ve obligada a mejorar la calidad de sus productos o servicios para satisfacer las necesidades de sus usuarios o clientes.

La empresa en estudio, se dedica a la fabricación de esponja de poliuretano, para lo cual requiere distintos materiales, los cuales pasan a ser un producto terminado luego de su respectivo proceso de producción. Como la mayoría de empresas, ésta debe contar con un sistema de control de calidad que le permita cumplir con las exigencias y expectativas de los clientes, tanto internos como externos.

Contar con un sistema de aceptación a través del muestreo, hace que la empresa sea altamente eficiente, aumente su productividad y mejore su calidad. Ya que un buen sistema establece las etapas de cómo y cuándo se debe inspeccionar los productos, así como también la cantidad de unidades que se deben someter a prueba con el objetivo de verificar su calidad.

Con la implementación de un muestreo de aceptación, las decisiones que se deben tomar cuando surge un producto defectuoso, se llevará a cabo de una manera normativa, siguiendo procedimientos y parámetros establecidos, y no sólo a través del criterio de la persona a cargo.

El muestreo de aceptación que se pretende implementar facilitará a la empresa realizar inspecciones de su producto terminado con la finalidad de asegurar la calidad de su producto.



# **1. ANTECEDENTES GENERALES**

Aquí se describe la información principal sobre la empresa en estudio, como su historia, ubicación, misión, visión, código de valores, temas que se describen a continuación.

## **1.1 La empresa**

La empresa en estudio se dedica a la elaboración de esponja de poliuretano a través del método de espumado en caliente. Un método que conlleva diferentes procesos.

### **1.1.1 Ubicación**

La demanda, la oferta, la capacidad de servicio, la disponibilidad de suministros y vías de acceso, son factores que se tienen que tomar en cuenta en toda organización para poder incorporarse, y principalmente, mantenerse en el mercado.

Tomando en cuenta esos factores, la empresa se encuentra localizada en la 18 calle 2-42 de la zona 1 de la ciudad de Guatemala. Es acá donde se realizan las diferentes actividades productivas de la empresa de la mejor manera posible.

### **1.1.2 Historia**

La empresa en estudio fue fundada en 1981, surgió por la idea que tuvo un día el empresario Gustavo Tobar, luego de que estaba cansado y molesto por la mala calidad de su cama, ya que cambiaba constantemente y no lograba complacer sus necesidades de comodidad.

Decidido a mejorar la calidad, investigó sobre cómo elaborar una cama. En su investigación se dio cuenta de que dicha elaboración requería de un gran proceso, desde elaborar los resortes, las bases, las costuras, pero le llamó mucho la atención sobre cómo elaborar la esponja.

Observó también que la esponja era algo necesario para la población, ya que existían personas de escasos recursos que no tenían dinero para comprar una cama y que la esponja serviría para cumplir las necesidades de estas personas. Esta fue una de las causas principales que lo motivó para crear la pequeña empresa, dirigida por él y sus hijos. Con el pasar de los años la empresa empieza a crecer y a estabilizarse en el mercado, siendo en la actualidad una de las mejores empresas distribuidoras de esponja de poliuretano.

Desde 1994 y hasta la actualidad, la empresa pasó a ser dirigida por el hijo mayor, este ha logrado crecer y posicionar la empresa en el mercado nacional, haciendo uso de la tecnología moderna y de métodos con la misión de ser la empresa líder en la fabricación y distribución de esponja de poliuretano en las diferentes denominaciones.

### **1.1.3 Descripción**

Elaborar esponja de poliuretano es un proceso no tan complejo que requiere poco personal para llevar a cabo las diferentes actividades, tanto productivas como administrativas. Por ello, la empresa se encuentra catalogada según su magnitud como una mediana empresa que produce grandes cantidades de esponja en sus diferentes denominaciones, con el objetivo de satisfacer las necesidades de sus clientes.

## **1.2 Información general**

### **1.2.1 Visión**

La visión de una empresa, significa en dónde quiere estar posicionada en el futuro, para cumplir con sus metas u objetivos. Para la empresa, se tiene la siguiente visión:

*“Ser la empresa líder del mercado nacional en la distribución de esponjas de poliuretano, para poder tener siempre la calidad y satisfacción entera del cliente, y así poder crecer juntos.”*

### **1.2.2 Misión**

La misión de una empresa es en sí, la razón de existencia de la misma, por lo que para toda empresa es sumamente importante poder contar con ella. Para la empresa, se tiene la siguiente misión:

*“Elaborar esponja de poliuretano de la más alta calidad, para satisfacer las necesidades de nuestros clientes de la mejor manera posible”.*

Utilizando las más adecuadas y modernas técnicas de producción, sistemas actualizados de información; que le permitan ofrecer a sus clientes productos de óptima calidad, a un precio justo respaldado por la garantía de su marca y los servicios personalizados que satisfacen totalmente sus necesidades.

### **1.2.3 Código de valores**

Los valores son indispensables en toda organización, ya que gracias a ellos existirá una armonía adecuada en las diferentes áreas de la empresa, entre los principales para la empresa están:

#### **Respeto a la dignidad humana**

Tratar a cada persona como un ser que merece respeto sin importar diferencias de credos, cultura, sexo, raza e ideología.

## **Integridad**

Proceder con honestidad, honradez, y rectitud en todas las fases de la vida laboral. Actuando de acuerdo a las normas éticas y morales reconocidas.

## **Trabajo en equipo**

Participar y desempeñar de una manera efectiva el rol que nos corresponde, en la búsqueda de alcanzar los objetivos comunes trazados por la empresa, actuando con empatía y responsabilidad.

## **Trabajo arduo**

Trabajar con energía y pasión en el desempeño de nuestras actividades diarias buscando siempre nuestra superación y crecimiento.

## **Excelencia**

Decisión en la búsqueda constante de lo mejor para alcanzar los objetivos y metas trazadas por la organización.

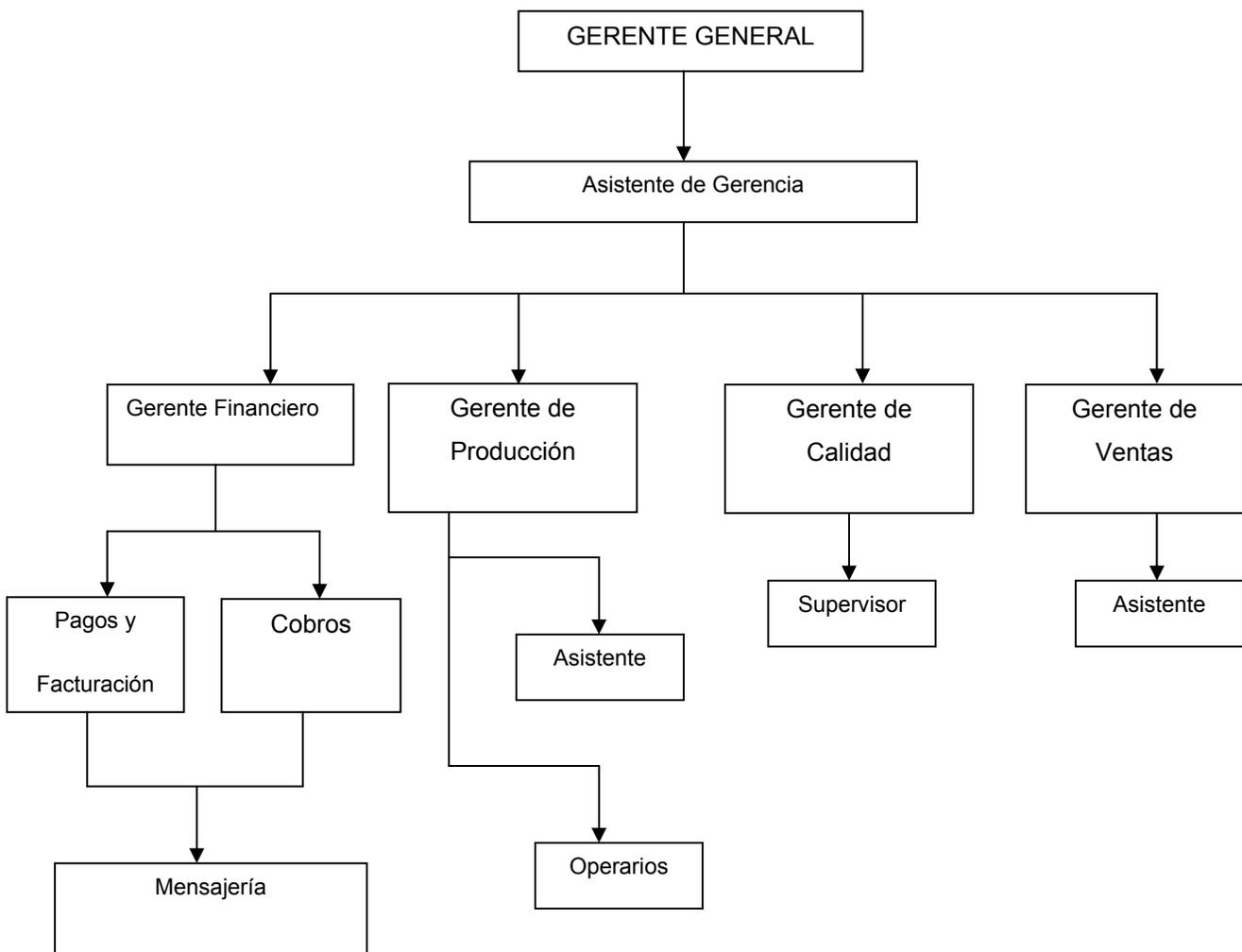
## **Responsabilidad social**

Actuar conscientes de ser parte de una sociedad, cuyo desarrollo nos beneficia, cumpliendo nuestras obligaciones para con ella y apoyar proyectos sociales.

### 1.2.4 Estructura organizacional

La estructura organizacional es importante para una organización, ya que en ella se establecen los diferentes niveles ocupacionales que se desempeñan en la misma.

Figura 1. Organigrama de la empresa



A continuación se hará una descripción de las diferentes actividades que se realizan en la empresa en cada uno de los puestos administrativos.

### **Gerente General**

Es la persona encargada de planear, organizar, dirigir y controlar todos los acontecimientos que se presenten en la organización. Este establece las metas y objetivos que la empresa necesita, luego delega las diferentes actividades a sus subalternos, como lo son, gerente financiero, gerente de producción, gerente de calidad y gerente de ventas, para que estos cumplan dicha programación en sus respectivos departamentos ya que estos tienen que presentar los informes mensualmente para que se analicen con los objetivos establecidos.

### **Asistente de Gerencia**

Es la persona que se encarga de llevar un registro de todo lo que sucede en la organización, como lo es, control sobre los pedidos de materia prima que se llevan a cabo, control de planillas de los trabajadores, planificar las reuniones del gerente general con los clientes, pago de sueldos, programación de entrega de pedidos.

### **Gerente Financiero**

Este es el encargado de llevar el control de las finanzas de la empresa, establece el capital con el que cuenta la empresa para realizar pedidos de materia prima, realizar pago de planillas, establece los saldos con los proveedores, realiza los cobros que se les dan a los clientes.

## **Gerente de Producción**

Este es el encargado de establecer la planificación de la producción de esponja que se lleva a cabo diariamente, tomando en cuenta lo establecido por el gerente general.

Este se encarga de preparar las actividades que se tienen que llevar diariamente dentro del departamento, luego que el departamento de ventas establece cuales serán las demandas que se tendrán que cumplir.

## **Gerente de Calidad**

Este es el encargado de velar por que se cumplan con los estándares establecidos en la esponja de poliuretano luego de que esta pasa por el proceso de producción, verifica los aspectos de la densidad, temperatura, elongación, desgarramiento y compresión que se dan dentro de las diferentes denominaciones de la esponja.

## **Gerente de Ventas**

Luego de que se ha verificado y establecido que la esponja cumple con la calidad requerida para la misma, éste se encarga de llevar un control sobre las ventas que se han llevado en la organización con el objetivo de establecer futuros pronósticos que serán presentados al departamento de producción para llevar un adecuado control en la producción, también se encarga de posicionar el producto en el mercado.

### **1.3 Plan de muestreo**

El plan de muestreo consiste en seleccionar aleatoriamente una parte representativa del lote, inspeccionarla y decidir si cumple con las especificaciones de calidad, para llegar a esto se deben de consultar tablas y fijar los niveles de calidad que son aceptables (NCA) para la empresa y los clientes o proveedores.

### **1.4 Muestreo aleatorio**

Una muestra se dice que es extraída al azar cuando la manera de selección es tal, que cada elemento de la población tiene igual oportunidad de ser seleccionado. Una muestra aleatoria es también llamada una muestra probabilística, son generalmente preferidas por los estadísticos porque la selección de las muestras es objetiva y el error muestral puede ser medido en términos de probabilidad bajo la curva normal. Los tipos comunes de muestreo aleatorio son el muestreo aleatorio simple, muestreo sistemático y muestreo estratificado.

#### **1.4.1 Tamaño y elección de una muestra**

El tamaño de la población es la cantidad de elementos de esta y el tamaño de la muestra es la cantidad de elementos de la muestra. Las poblaciones pueden ser finitas e infinitas.

Los datos obtenidos de una población pueden contener toda la información que se desee de ella. De lo que se trata es de extraerle esa información a la muestra, es decir a los datos muestrales sacarle toda la información de la población.

La muestra debe obtener toda la información deseada para tener la posibilidad de extraerla, esto sólo se puede lograr con una buena selección de la muestra y un trabajo muy cuidadoso y de alta calidad en la obtención de los datos.

### **Objetivos de la determinación del tamaño adecuado de una muestra**

- Estimar un parámetro determinado con el nivel de confianza deseado.
- Detectar una determinada diferencia, si realmente existe, entre los grupos de estudio con un mínimo de garantía.
- Reducir costes o aumentar la rapidez del estudio.

#### **1.4.2 Muestreo al azar simple**

Una muestra aleatoria simple es seleccionada de tal manera que cada muestra posible del mismo tamaño tiene igual probabilidad de ser seleccionada de la población. Para obtener una muestra aleatoria simple, cada elemento en la población tenga la misma probabilidad de ser seleccionado, el plan de muestreo puede no conducir a una muestra aleatoria simple. Por conveniencia, este método puede ser reemplazado por una tabla de números aleatorios.

Cuando una población es infinita, es obvio que la tarea de numerar cada elemento de la población es imposible. Por lo tanto, ciertas modificaciones del muestreo aleatorio simple son necesarias.

### **1.4.3 Muestreo al azar estratificado**

Para obtener una muestra aleatoria estratificada, primero se divide la población en grupos, llamados estratos, que son más homogéneos que la población como un todo. Los elementos de la muestra son entonces seleccionados al azar o por un método sistemático de cada estrato. Las estimaciones de la población, basadas en la muestra estratificada, usualmente tienen mayor precisión (o menor error muestral) que si la población entera muestreada mediante muestreo aleatorio simple. El número de elementos seleccionado de cada estrato puede ser proporcional o desproporcional al tamaño del estrato en relación con la población.

Si los estratos o grupos tienen las siguientes características:

1. Son ajenos entre sí.
2. Los elementos pertenecientes a cada estrato son más homogéneos que la población total.
3. Es importante tener información estadística de cada estrato.

Entonces, al tomar una muestra es recomendable que en esta haya elementos representativos de todos los estratos.

#### **1.4.4 Muestreo al azar sistemático**

Una muestra sistemática es obtenida cuando los elementos son seleccionados en una manera ordenada. La manera de la selección depende del número de elementos incluidos en la población y el tamaño de la muestra. El número de elementos en la población es, primero, dividido por el número deseado en la muestra. El cociente indicará si cada décimo, cada onceavo, o cada centésimo elemento en la población van a ser seleccionados. El primer elemento de la muestra es seleccionado al azar. Por lo tanto, una muestra sistemática puede dar la misma precisión de estimación acerca de la población, que una muestra aleatoria simple cuando los elementos en la población están ordenados al azar.

#### **1.5 Muestreo de aceptación**

Regularmente se ha ido disminuyendo el interés del muestreo de aceptación, en tanto el control estadístico de procesos ha venido adquiriendo un papel cada vez más prominente en las actividades del control de calidad.

No obstante, el muestreo de aceptación aún mantiene el interés dentro del cuerpo general de conocimiento que es la ciencia de la calidad. El muestreo de aceptación se lleva en diversas situaciones en donde existe una relación ente consumidor y productor, ya sea en el interior de una empresa o entre diferentes empresas, y se puede ver como una medida defensiva para protegerse contra la amenaza del posible deterioro en la calidad.

Es posible que productor y consumidor sean cada uno de diferente compañía o en dos departamentos diferentes dentro de una misma planta, sea como fuere, existe siempre el problema de decidir si se acepta o se rechaza el producto.

En particular, si las características de calidad son variables de atributos, entonces un plan simple de muestro de aceptación está definido por:

$N$  = tamaño de lote

$n$  = tamaño de la muestra

$c$  = número de aceptación

La inspección de materias primas o productos terminados es parte importante del aseguramiento de la calidad. Cuando el propósito de la inspección es la aceptación o el rechazo de un producto, con base en la conformidad respecto a un estándar, el tipo de procedimiento de inspección que se utiliza se llama normalmente muestreo por aceptación.

El muestreo por aceptación es muy útil en las situaciones siguientes:

1. Cuando la prueba es destructiva.
2. Cuando es muy alto el costo de una inspección al 100%.
3. Cuando una inspección al 100% no es tecnológicamente factible.
  
4. Cuando hay que inspeccionar muchos artículos y la tasa de errores de inspección es suficientemente alta para una inspección al 100%.
5. Cuando el proveedor tiene un excelente historial de calidad, y se desea alguna reducción en la inspección al 100%.

### **1.5.1 Ventajas del muestreo**

Al implementar un muestreo de aceptación en una organización para establecer un control específico sobre la aceptación o rechazo de un lote de productos, se obtienen las siguientes ventajas:

1. La responsabilidad por la calidad se asigna a quien verdaderamente corresponde, ¡No a la inspección!, esto favorece una rápida mejora del producto.
2. Es más económico, puesto que se tienen que hacer menos inspecciones, y se producen menos daños por manipulación durante la inspección.
3. Permite mejorar la tarea de inspección, pero en vez de tomar decisiones de pieza con pieza, las decisiones se toman de lote a lote.
4. Útil en el caso de pruebas que implican destrucción.
5. Se orienta más al rechazo de lotes enteros más que a la devolución de unidades no conformes.

### **1.5.2 Desventajas del muestreo**

Indiscutiblemente que en la implementación de cualquier proyecto o actividad dentro de una organización se repercuten los inconvenientes, algo que se tiene que tomar muy en cuenta. Un plan de muestreo cuenta con desventajas, las cuales son:

1. Existe cierto riesgo de que se rechacen lotes conformes y/o acepten lotes no conformes.
2. Se tiene que dedicar más tiempo a la planeación y a la documentación.
3. Se proporciona menos información sobre el producto aunque generalmente ésta es suficiente.
4. No hay ninguna seguridad dado que la totalidad del lote cumpla con las especificaciones.

### **1.5.3 Aplicación**

El muestreo de aceptación se aplica en cualquier relación cliente-proveedor, como una medida defensiva para protegerse contra la amenaza del posible deterioro en la calidad de la esponja.

Cuando se va a llevar a cabo la implementación de un plan de muestreo se tiene que tener en cuenta las interrogantes: ¿Dónde? y ¿Cuándo? Para llevar a cabo una buena aplicación de dicho plan.

**Donde aplicarlo:**

- En elementos terminados.
- Componentes y materias primas.
- Operaciones.
- Materiales en proceso.
- Materiales en almacenamiento.
- Operaciones en almacenamiento.
- Datos o Registros.
- Procedimientos administrativos.

**Cuando aplicarlo:**

- Cuando la aplicación de una prueba implica la destrucción del producto
- Cuando el costo es alto para hacer una inspección del 100% es muy elevado, comparado con el costo que implica pasar una unidad no conforme.
- Cuando son muchos y similares las unidades que se van a inspeccionar, el muestreo produce una mejor opción que el inspeccionar al 100%.
- Cuando no se dispone de información sobre la calidad de producto, ejemplo, la grafica X, R, p, o c.
- Cuando el lote lo forman una gran cantidad de artículos que habría que inspeccionar y la probabilidad de error en la inspección es suficientemente alta, de tal manera que la inspección al 100% podría dejar pasar más unidades defectuosas que un plan de muestro.
- Cuando no se dispone de una inspección automatizada.

- Cuando es necesario asegurar la confiabilidad del producto, aunque la capacidad del proceso fabricante del lote sea satisfactoria.
- En situaciones donde históricamente el vendedor ha tenido excelentes niveles de calidad y se desea una reducción de la cantidad de inspección, pero la capacidad del proceso no es suficientemente buena como para no inspeccionar.

## **1.6 Tipos de muestreo de aceptación**

La primera clasificación de los planes de muestreo para aceptación podría ser la distinción entre planes de muestreo por atributos y planes de muestreo por variables dependiendo del tipo de característica de calidad que se mida. Las variables son características de calidad que se miden en una escala numérica y los atributos son características de calidad que se expresan en forma de aceptable o no aceptable.

### **1.6.1 Muestreo por variables**

En los planes de muestreo de aceptación por variables se especifican el número de artículos que hay que muestrear y el criterio para juzgar los lotes cuando se obtienen datos de las mediciones respecto a la característica de calidad que interesa. Estos planes se basan generalmente en la media y desviación estándar maestras de la característica de calidad. Cuando se conoce la distribución de la característica en el lote o el proceso, es posible diseñar planes de muestreo por variables que tengan riesgos especificados de aceptar y de rechazar lotes de una calidad dada.

**Ventajas:**

1. Se puede obtener de la misma curva característica de operación con un tamaño muestral menor que lo requerido por un plan de muestreo por atributos.
2. Cuando se utilizan pruebas destructivas, el muestreo por variables es particularmente útil para reducir los costos de inspección.
3. Los datos de mediciones proporcionan normalmente más información sobre el proceso de manufactura o el lote que los datos de atributos.

**Desventajas:**

1. Se debe de conocer la distribución de la característica de calidad.
2. Se debe de usar un plan para cada característica de calidad que hay que inspeccionar.
3. Es posible que el uso de un plan de muestreo por variable lleve al rechazo de un lote aunque la muestra que se inspecciona realmente no tenga ningún artículo defectuoso.

**Tipos:**

Existen dos tipos generales de procedimientos de muestreo por variables; planes que controlan la fracción defectuosa del lote o el proceso, y planes que controlan un parámetro (normalmente la media) del lote o el proceso.

### 1.6.2 Muestreo por atributos

El plan de muestreo por atributos  $(n,c)$  consiste en inspeccionar muestras aleatorias de  $n$  unidades tomadas de lotes de tamaño  $N$ , y observar el número de artículos disconformes o defectuosos  $d$  en las muestras. Si el número de artículos defectuosos  $d$  es menor que o igual a  $c$ , se aceptara el lote, si el número de dichos artículos defectuosos  $d$  es mayor que  $c$  se rechazara el lote.

## 1.7 Tipos de planes de aceptación

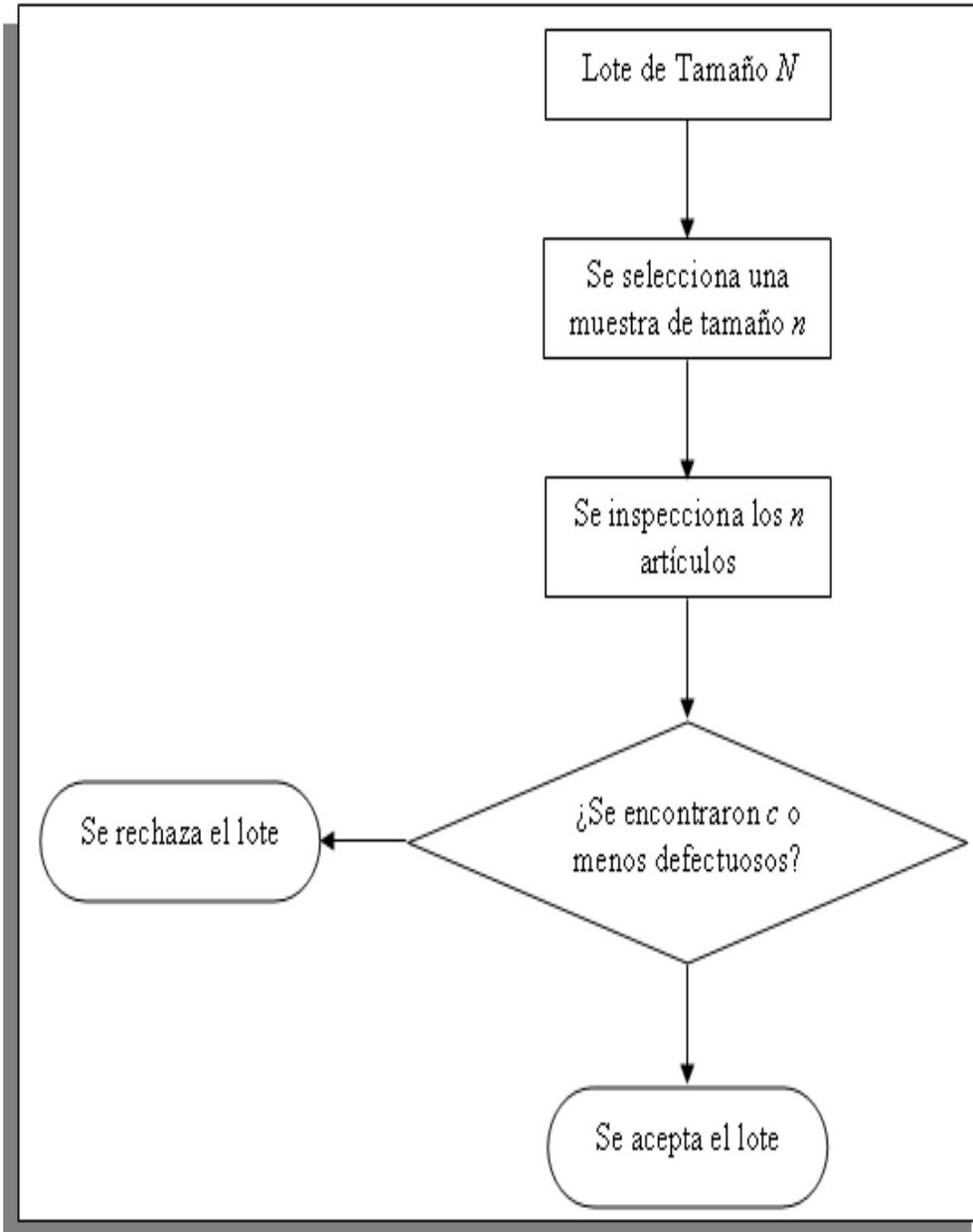
Los planes de aceptación se dividen en tres tipos, los cuales son: muestreo simple, doble y múltiple.

### 1.7.1 Muestreo simple

Un plan de muestreo simple es un procedimiento en el que se toma una muestra aleatoria de  $n$  unidades del lote para su estudio y se determina el destino de todo el lote con base en la información contenida en la muestra.

Consiste en extraer una muestra aleatoria de  $n$  unidades de un lote original e inspeccionarla sobre las bases de aceptación o rechazo para encontrar  $c$  o menos unidades defectuosas. La curva característica de operación demuestra la bondad con que funciona el programa de muestreo. En esta curva se representan las probabilidades de aceptación,  $P_a$ , contra la proporción de unidades  $p$ , supuesta para los lotes de entrada. Dichas proporciones y los riesgos de aceptación o rechazo que implican se deducen de la naturaleza de la curva  $CO$  y con ello se determina el programa de muestreo simple que cubre las especificaciones deseadas.

**Figura 2. Esquema de un muestreo simple**



Fuente: Ref. 1, pag. 350

### 1.7.2 Muestreo doble

La idea de este muestreo es tomar una primera muestra de tamaño pequeño para detectar los lotes muy buenos o los muy malos, y si en la primera muestra no se puede decidir si aceptar o rechazar porque la cantidad de unidades defectuosas ni es muy pequeña ni es muy grande, entonces se toma una segunda muestra para decidir si aceptar o rechazar tomando en cuenta las unidades defectuosas encontradas en dos muestras.

De esta manera, un plan de muestreo doble está definido por:

$N$ = tamaño del lote

$n_1$ = tamaño de la primera muestra

$c_1$ = número de aceptación para la primera muestra

$n_2$ = tamaño de la segunda muestra

$c_2$ = número de aceptación para las dos muestras

Por ejemplo, con un plan  $N=1,000$ ,  $n_1=40$ ,  $c_1=1$ ,  $n_2=40$  y  $c_2=4$ , del lote de 1,000 piezas de esponjas se toma una muestra inicial de 40 y con base en la información aportada por esta primera muestra se toma una de las tres decisiones siguientes:

1. Aceptar el lote, cuando la cantidad de unidades defectuosas sea mayor o igual que 1 ( $c_1$ ).
2. Rechazar el lote, cuando el número de piezas defectuosas sea mayor que 4 ( $c_2$ ).
3. Tomar una segunda muestra de 40 unidades, cuando el número de piezas defectuosas detectadas en la primera muestra sea mayor que 1( $c_1$ ) pero no exceda de 4 ( $c_2$ ). Si al sumar la cantidad de unidades defectuosas en la primera y segunda muestra esta no es mayor que 4 ( $c_2$ ) el lote es aceptado, pero si es mayor que 4 ( $c_2$ ) entonces el lote es finalmente rechazado.

### **1.7.3 Muestreo múltiple**

Un plan de muestre múltiple es una extensión del concepto de muestreo doble a varias fases en el que pueden necesitarse más de dos muestras para llegar a una decisión acerca de la suerte del lote. Los tamaños muestrales suelen ser menores que en un muestreo simple o doble.

## **1.8 Formulación de lotes y selección de la muestra**

La formación de un lote puede influir en la eficacia del plan de muestreo de aceptación. A continuación se enuncia tres recomendaciones para formar los lotes, aunque una de ellas se debe ver como reserva.

1. **Los lotes deben ser homogéneos.** Es decir, las unidades que forman un lote en particular deben haber sido fabricadas bajo condiciones similares en cuanto a máquinas, operadores, materia prima, tiempo (fechas), etcétera. Cuando el lote se forma mezclando unidades de diferentes fuentes, el muestreo de aceptación no es tan efectivo como se debe. Además la existencia de lotes no homogéneos hace más difícil tomar acciones correctivas que eliminan la causa de los productos defectuosos. De esa manera, cuando se forme un pedido o embarque es mejor inspeccionar cada lote individual y evitar aplicar la inspección a todo el pedido después de que se han mezclado lotes.
  
2. **Los lotes deben ser formados de manera que no compliquen el manejo de materiales del proveedor y del cliente.** Todos los artículos de los lotes deben ser empaquetados y embarcados con un mínimo de riesgo y de forma que la selección de unidades de la muestra sea relativamente fácil.
  
3. **Los lotes deben ser tan grandes como sea posible.** Esto debido al menor costo y mayor eficiencia de la inspección, ya que en los lotes grandes es necesario inspeccionar menos proporcionalmente que con los lotes pequeños, y además los planes resultantes a partir de tamaños de lote grande tienen mayor poder de detectar los lotes de mala calidad.

Se considera que en empresas con sistema de mejora de calidad, la recomendación se debe ver con mucha reserva, ya que esto que es deseable para el muestreo de aceptación no es recomendable para los inventarios en procesos y en producto terminado. Con lotes muy grandes se aumenta el costo de inventarios, el tiempo de ciclo y disminuye la capacidad de detectar con oportunidad las anomalías en calidad. De aquí que tal recomendación se debe aplicar en la medida que no se afecte sensiblemente los aspectos comentados.

### **Selección de la muestra**

Todos los planes de muestreo de aceptación basan su funcionamiento en que las unidades seleccionadas para la inspección son representativas de todo el lote. De aquí que la selección de las unidades que forman la muestra debe hacerse aplicando un método de muestreo aleatorio.

La técnica de muestreo es muy importante y la que a menudo se sugiere es el muestreo aleatorio simple, en la que se asigna un número a cada artículo del lote. Entonces, entre 1 y el número máximo de unidades en el lote se seleccionan aleatoriamente  $n$  números. Esta sucesión de números aleatorios determina cuáles artículos del lote constituyen la muestra.

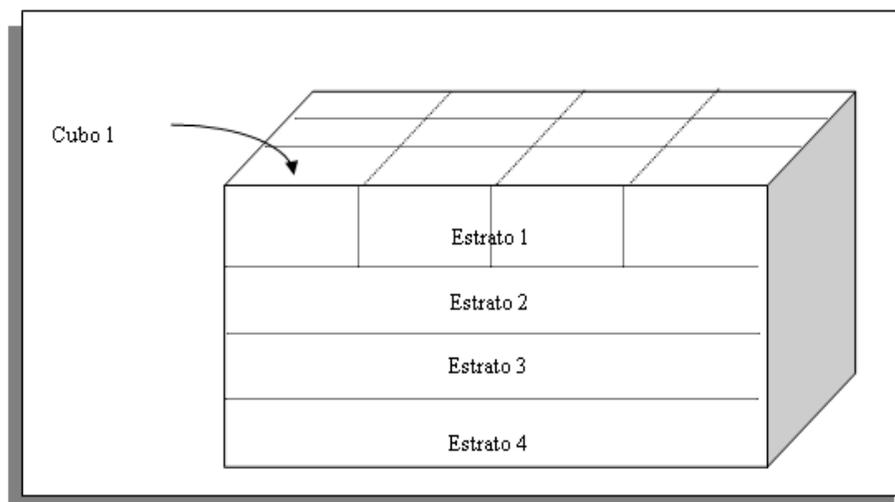
Si los productos están seriados o tienen un código de números, éstos pueden ser utilizados para desarrollar el muestreo aleatorio. Otra opción es usar un número aleatorio de tres dígitos. Por ejemplo, el número 482 puede ser la representación de la unidad localizada sobre un cuarto nivel, octava fila y segunda columna.

En circunstancias donde no se puede asignar un número a cada unidad, es posible emplear alguno de los otros métodos de muestreo que aseguren que el muestreo es aleatorio o representativo. Por ejemplo el inspector podría estratificar el lote, dividiéndolo en estratos o capas y cada estrato en cubos, como se muestra en la figura 3. Las unidades son tomadas dentro de cada cubo. Entre más formal sea esta división o estratificación, mayor representatividad tendrá la muestra.

Si por alguna razón esta división no es posible, entonces dentro de los males, el menor es que la estratificación se realice de manera imaginaria por el inspector, con lo que no necesariamente se obtendrá muestras aleatorias, pero al menos se tiene la seguridad de que las unidades son tomadas desde diferentes zonas del lote.

Si se utilizan métodos arbitrarios para seleccionar una muestra, las bases teóricas del muestreo de aceptación no se cumplen y por tanto las decisiones sobre el lote no tendrán un respaldo estadístico.

**Figura 3. División de un lote por muestreo**



Fuente: Ref. 1, pag. 352

## **1.9 Planes de muestreo de aceptación**

En todo plan de muestreo es esencial el contar con los índices de calidad, ya que estos se usan para establecer parámetros cuando se está inspeccionando un lote específico.

### **1.9.1 Índices de calidad**

En una relación cliente-proveedor en la que hay un plan de muestreo de aceptación de por medio, hay dos intereses: por un lado, el proveedor quiere que todos los lotes que cumplen con un nivel de calidad aceptable sean aceptados, y por el otro, el cliente desea que todos los lotes que no tienen un nivel de calidad aceptable sean rechazados.

Desafortunadamente ambos intereses no pueden ser satisfechos de manera simultánea por un plan de muestreo de aceptación y explicamos la razón de ello cuando vimos la curva CO ideal.

Ante esta situación lo que se hace para atender parcialmente ambos intereses es diseñar planes de muestreo de aceptación que tenga alta probabilidad de aceptar lotes buenos, y una baja probabilidad de aceptar lotes malos. El punto de partida para diseñar planes de muestreo que logren lo anterior es definir índices de calidad para los planes de muestreo que establezcan en una relación cliente-proveedor específico, lo que se considerará como calidad aceptable, intermedia y no aceptable con sus correspondientes probabilidades de aceptación.

En este sentido, los principales índices de calidad con los que se diseñan y caracterizan los planes de muestreo, son los siguientes.

### **Nivel de calidad aceptable, NCA o AQL (acceptancing quality level).**

El NCA se define como el porcentaje máximo de unidades que no cumplen con la calidad especificada, que para propósitos de inspección por muestreo se puede considerar como satisfactorio o aceptable como un promedio para el proceso. El NCA también se lo conoce como nivel de calidad del productor y se expresa en porcentajes de unidades que no cumplen con la calidad especificada. Al ser el NCA el nivel de calidad que se considera satisfactorio, entonces la probabilidad de aceptar un lote que tenga esa calidad debe ser alta (0.95). A la probabilidad de aceptar lotes que tengan un nivel de calidad aceptable (NCA), se lo designa con  $1 - \alpha$ , donde  $\alpha$  es por lo general un número pequeño (0.05, 0.10). Nótese que la probabilidad de aceptar lotes de calidad aceptable no es igual a 1 y por tanto hay un riesgo de no aceptar este tipo de lotes. A este riesgo que tiene probabilidad igual a  $\alpha$  se le conoce como riesgo del productor.

Debido a este riesgo, el NCA debe ser un nivel de calidad de referencia para el proceso de producción del productor y de ninguna manera un valor objetivo.

Más aún, el productor debe trabajar para que su proceso opere con un nivel mejor que el NCA.

### **Nivel de calidad límite, NCL o LQL (limiting quality level).**

Es el nivel de calidad que se considera como no satisfactorio y que los lotes que tengan este tipo de calidad deben ser rechazados casi siempre.

El NCL, en algunos planes específicos se conoce como porcentaje defectivo tolerado del lote, PDTL o LTPD (*lot tolerance percent defective*). Al ser el NCL un nivel de calidad no satisfactorio, entonces la probabilidad de aceptarlo debe ser muy baja (generalmente de 0.05, 0.10); es usual que esta probabilidad se le designe con la letra  $\beta$ . Nótese que la probabilidad de aceptar lotes de calidad no satisfactorio (NCL) no es cero y por tanto hay un riesgo de no rechazar este tipo de lotes. A este riesgo que tiene probabilidad igual a  $\beta$  se lo conoce como riesgo del consumidor.

### ***Calidad promedio de salida, CPS o AOQ (average outgoing quality).***

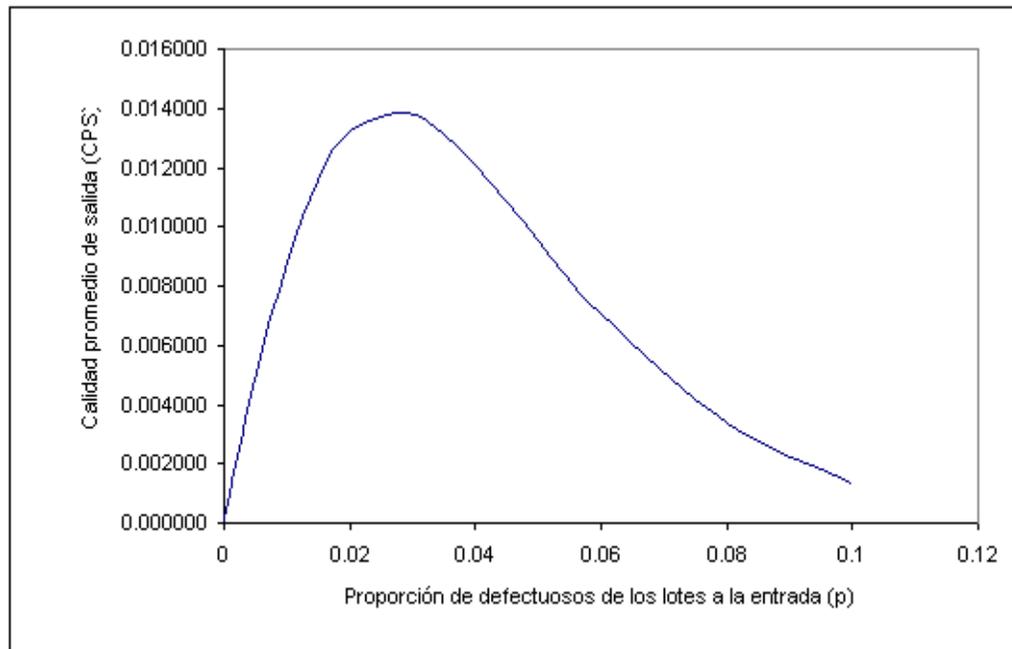
Es la calidad promedio que se alcanza después de aplicar el proceso de inspección. Este concepto es otra forma de medir el efecto de un plan de muestreo sobre la calidad que se tendrá después de aplicar el plan.

Cuando un programa de muestreo de aceptación aplica muestreo 100% a los lotes rechazados, entonces la calidad de salida de esos lotes es perfecta (si no hay error de inspección), ya que todas las unidades defectuosas de esos lotes son sustituidas por artículos buenos. Mientras que en los lotes que son aceptados, su calidad de salida después de la inspección puede ser que mejore un poco, porque las unidades defectuosas encontradas y las muestras son reemplazadas por unidades buenas.

De esta manera, independientemente si el lote sea aceptado o rechazado, la calidad que llega al cliente tiende a ser mejor que la que tenían los lotes antes de ser inspeccionado.

Por lo anterior, una forma de caracterizar la bondad de un plan de muestreo de aceptación es calcular la calidad promedio de salida que genera. Este cálculo se hace de forma similar a como se obtiene la curva característica de operación, ya que para cada proporción de defectuosos que contiene el lote en la entrada se espera una proporción promedio de defectuosos de salida (CPS). Al graficar la proporción de entrada,  $p$ , contra la proporción promedio de defectuoso después de la inspección, CPS, se obtiene una curva para la calidad promedio de salida (*curva CPS*). En la figura 5 se muestra tal curva para el plan  $n = 60, c = 1$ .

**Figura 4. Curva para la capacidad promedio de salida CPS**



La obtención de la curva CPS, cuando se tiene tamaño de lote grande, se hace calculando la proporción promedio de defectuosos de salida, CPS, con la siguiente fórmula:

$$CPS = p * Pa$$

Donde  $p$  es la proporción de defectuosos a la entrada del lote, y  $Pa$  la probabilidad de aceptación de tal lote que proporciona el plan de muestreo. De esta manera, si ya se tienen los cálculos para la curva CO, como en la tabla I, entonces al multiplicar la columna  $p$  por el  $Pa$  se obtiene CPS para cada valor de  $p$ , como se aprecia en la tabla.

**Tabla I. Calidad promedio de salida, CPS, plan  $n = 60$ ,  $c = 1$ .**

Proporción de defectuosos, $p$	Probabilidad de aceptación, $Pa$	Proporción de salida, $CPS = p * Pa$
0	1	0.00000
0.001	0.9982	0.00099
0.005	0.9634	0.00481
0.010	0.8787	0.00878
0.015	0.7727	0.01159
0.020	0.6619	0.01323
0.030	0.4592	0.01377
0.040	0.3022	0.01208
0.050	0.1915	0.00957
0.060	0.1179	0.00707
0.080	0.0417	0.00333
0.100	0.0137	0.00137

A partir de esta tabla se puede ver que si los lotes entran con una proporción de defectuosos, de 0.04 (4%) por ejemplo, y se someten a inspección muchos lotes con esta calidad inicial, una parte será aceptada (aproximadamente 30.2%) y la otra rechazada (y por tanto inspeccionada al 100%); entonces después de aplicar el plan de muestreo una parte de esos lotes tendrán la proporción de defectuosos de cero y la otra parte su proporción será poco menor o igual a 0.04, y al promediar estas proporciones obtendremos un promedio de 0.01208 (1.2%).

**Límite de la calidad promedio de salida, LCPS o AOQL (average outgoing quality limit).**

Es el valor máximo de la curva CPS que vimos antes, y representa el peor promedio de calidad que puede obtenerse del programa de inspección. Por ejemplo, para el plan  $n = 60$ ,  $c = 1$ , se puede ver que el LCPS es aproximadamente 0.014; esto es, no importa que tan mala sea la proporción de defectuosos en los lotes que entran, la calidad promedio de salida nunca será peor que 1.4% de defectuosos en promedio. Desde luego que esto no significa que el plan no acepte lotes con calidad peor a 1.4%, más bien se está hablando de un límite promedio que es válido después de aplicar el plan de referencia a muchos lotes de un flujo continuo de producción.

### **Inspección total promedio, ITP o ATI (average total inspection).**

Otro aspecto importante para evaluar un plan de muestreo de inspección es la cantidad total de inspección que requiere. Una vez aceptados los lotes, la cantidad de inspección es una muestra de tamaño  $n$ . Por el contrario, los lotes que son rechazados son sometidos al 100% de inspección y la cantidad de inspección por lote será de tamaño  $N$ . De esta manera, la cantidad promedio de inspección por lote varía entre el tamaño de muestra  $n$  y el tamaño de lote  $N$ .

Si el lote es de calidad  $p$  y la probabilidad de aceptación del lote es  $Pa$ , entonces la inspección total promedio por lote es:

$$ITP = n + (1 - Pa)(N - n)$$

Por ejemplo, si se tiene un tamaño de lote de  $N = 5000$ , y se aplica el plan  $n = 60$ ,  $c = 1$ , entonces para los lotes con una proporción de defectuosos de 0.04, se tiene que la  $Pa = 0.302$  y por tanto

$$ITP = 60 + (1 - 0.3022)(5000 - 60) = 3507.13$$

Que es un número promedio de unidades inspeccionadas sobre muchos lotes que tienen una proporción de defectuosos de  $p = 0.04$ . Para cada proporción de defectuosos  $p$ , en el lote de entrada se puede calcular ITP, y de esa forma al aplicar la fórmula anterior se puede trazar una curva para la ITP, bastaría para ello saber el tamaño de lote y agregar la columna ITP.

## **2. ANÁLISIS ACTUAL DE LA EMPRESA**

### **2.1 Producto de la empresa**

La empresa en estudio, se dedica a elaborar esponja de poliuretano flexible, que es también conocido como, "Espuma", "Hule Espuma", "Espuma de Poliuretano", y "Esponja". En inglés se conoce como PUFF (Poliurethan Flexible Foam) o solamente "Foam".

Para la elaboración de esponja de poliuretano existen dos tipos: el proceso en caliente y en frío. En la empresa en estudio se lleva a cabo el proceso en caliente.

#### **Espuma en caliente**

Son las espumas que liberan calor durante su reacción, fabricadas en piezas de gran tamaño, destinadas a ser cortadas posteriormente. Se fabrican en un proceso continuo, mediante un dispositivo llamado espumadora, que básicamente es la unión de varias máquinas, de las cuales la primera es un mezclador, que aporta los diferentes químicos empleados en la elaboración de la esponja; la segunda es un sistema de cintas sin fin, que arrastra la espuma durante su proceso, limitando su crecimiento para darle al bloque la forma deseada; y la parte final de la espumadora es un dispositivo de corte, utilizada para proporcionarle al bloque a la longitud deseada.

### **2.1.1 Descripción del producto en estudio**

La esponja de poliuretano es un material muy versátil, ya que según los aditivos y los sistemas de fabricación utilizados se pueden conseguir esponjas de poliuretano de muy distintas características, y destinadas a usos muy diferentes, desde los bien conocidos bloques para colchones.

En la empresa en estudio se lleva a cabo la fabricación de tres tipos de esponja, las cuales se clasifican según su densidad, estas densidades son: 16, 18 y 21 Kg/m<sup>3</sup>. Dentro de estas densidades existen diversos diseños, los cuales representan diferentes características como: suavidad, calidad y precio. De acuerdo a la demanda establecida por el cliente es como se lleva a cabo la producción en el departamento respectivo y así poder cumplir con las necesidades de los clientes que tiene la empresa.

El proceso de producción de esponja de poliuretano es por medio de los denominados bloques de espuma, estos pasan una serie de etapas en las cuales queda el producto terminado, las denominadas laminas de esponja, que para dicho estudio serán analizadas en la denominación de 16 Kg/m<sup>3</sup>. A continuación se presenta una fotografía del producto que se analizará y que es el más producido en la empresa debido a la demanda existente.

**Figura 5. Producto terminado**



Fuente: fotografía realizada por el investigador

Como se puede observar en la fotografía, existen una gran cantidad de láminas que están listas para inspeccionarlas y luego envolverlas en sus respectivos empaques y así poder distribuirlos de la mejor manera.

La esponja de poliuretano tiene múltiples usos en el mundo actual, algunos de ellos son:

- En colchones como relleno principal o como integrante de los acolchados.
- En muebles en asientos de sofás y sillas, relleno de acolchados.
- En la construcción, como aislante térmico o como relleno.
- En artículos como juguetes, almohadas, cojines.

### **2.1.2 Características generales del producto en estudio**

La esponja de poliuretano es un recurso cada vez más utilizado, ya que algunas de las características de las esponjas de poliuretano le han hecho convertirse en un excelente producto que se puede utilizar en diferentes actividades.

Dentro de las principales características de la esponja de poliuretano esta:

- Excelente capacidad aislante
- Impermeabilidad
- Muy buena estabilidad
- Muy buena resistencia a la compresión.
- No es atacado por roedores
- No necesita mantenimiento posterior
- Peso ligero

Una de las principales características del producto en estudio y por las cuales existen una gran demanda en el medio, es que puede ser sustituto de una cama, ya que en Guatemala existe un gran porcentaje de personas de escasos recursos, por lo cual se les dificulta la compra de una cama, y tomando en cuenta los costos, las personas prefieren hacer uso de las laminas de poliuretano. Estas también sirven en centros de ayuda comunitaria y en albergues.

### 2.1.3 Componentes

La esponja 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 unos gases, (dióxido de carbono) que son los que van formando las burbujas.

Entre los componentes principales, se pueden mencionar los siguientes:

- Polioliol
- T.D.I.
- Silicona
- Amina
- Cloruro de metileno
- Catalizador T-9
- Agua
- Surfactante o Estabilizador
- Agente Soplante Auxiliar
- Colorantes
- Aditivos (Retardantes a la flama, Antiestáticos, Antioxidantes, etc.)

## **Poliol**

El término poliol es nombre abreviado, que se usa para denominar los alcoholes polifuncionales. Los polioles polieter representan el uso mayoritario en la industria de esponja. El poliol es el producto de la reacción, entre un óxido orgánico y un compuesto que contiene dos o más grupos de hidroxilos activo, como el óxido de propileno y la glicerina. Este elemento forma parte de la base principal para la elaboración de poliuretano flexible.

Poliéteres-polioles, utilizados en formulaciones de poliuretano que, en combinación, son utilizados en la producción de espumas flexibles para colchones, muebles de estar, sillones, autopartes, componentes para calzados, acolchados y aislantes acústicos.

## **TDI**

El TDI (disocianato de tolueno) es un compuesto químico, formado por la combinación de isómeros y puede existir en dos clasificaciones principales: TDI o tolueno disocianato, que es utilizado en la esponja flexible, y el MDI o metano disocianato, empleado en la fabricación de esponja rígida.

Este elemento forma el segundo de los componentes básicos para la fabricación de la esponja de poliuretano. Dentro de sus funciones principales, los disocianato de tolueno, dan el factor de seguridad y la fuerza para que al reaccionar con poliol y agua se produzca la reacción química esperada, además de formar parte de un acelerante natural al reaccionar con el agua.

## **Catalizador amínico**

Las aminas terciarias son usadas básicamente para controlar la velocidad de reacción entre el agua y el tolueno disocianato. Controlan y balancean la gelificación. De esta manera, se puede controlar el tiempo de crecimiento y tiempos de reacción. El tiempo de reacción idónea es de 12 a 18 segundos y este agente acelerador proporciona, según las condiciones ambientales y la efectiva reacción química entre agentes primarios y secundarios.

Sin este agente la reacción química es lenta y puede producir la presencia de fisuras en el centro del bloque; también con el exceso de este agente, puede ocasionar la acumulación de burbujas en el fondo y laterales del bloque de espuma.

## **Colorantes**

Los colorantes se adicionan a la espuma de poliuretano para obtener esponjas vistosas para aplicaciones especiales. No reacciona con los componentes de la espuma. Dichos colorantes se fabrican especialmente para la industria de esponja y la cantidad que se va a utilizar depende del tono deseado en la esponja, teniendo el cuidado de no llegar al máximo permitido por el fabricante, ya que ocasiona pérdidas por agujeros en la esponja.

## **Aditivos**

Los aditivos son componentes químicos que se agregan para fabricar esponja, estos tiene la función de actuar como retardantes de flama y antioxidantes.

## **Octoato estaño (T-9)**

Se utiliza principalmente para controlar la reacción entre el tolueno disocianato y el polioliol, que depende de las cantidades adicionadas en la fórmula; se podrán observar defectos de rajaduras debido a una gelificación insuficiente y una expansión excesiva, que incluye grietas debido a celdas muy cerradas, debido a la gelificación demasiado rápida.

Para controlar los efectos del catalizador de estaño, se deben determinar experimentalmente las cantidades que se van a adicionar a la fórmula. La falta de este agente puede provocar el colapso de un bloque de espuma, además de formar parte del otro 50% del proceso de resistencia del proceso de espuma.

## **Cloruro de metileno**

El cloruro de metileno es un agente físico secundario de expansión. Es un líquido de bajo punto de ebullición, que no reacciona con los ingredientes de la espuma. El calor desprendido, en las reacciones del isocianato con el agua, es suficiente para evaporar este agente. Un aumento significativo de este agente da como resultado una disminución de la dureza de la esponja.

Este agente no es más que un gas frío, que ayuda también a mantener el equilibrio en la temperatura interna de la reacción. La buena aplicación proporciona una efectiva liberación de gases al proceso final de espumado.

## **Silicona**

Tiene dos funciones principales: emulsifica los reactivos y estabiliza las burbujas durante la expansión para evitar el colapso.

Esto lo hace reduciendo la tensión superficial de la mezcla, que mejora la miscibilidad de los ingredientes. Al mismo tiempo, regula las dimensiones del aire nucleante y de burbuja de gas, así como la estructura de las celdas. Esto da mayor estabilidad a la espuma, que crece previniendo la coalescencia de las celdas, que llevaría a un colapso de la espuma. La no presencia de este aditivo en una fórmula provoca el colapso en el bloque de esponja.

Este elemento proporciona la textura de la esponja, así como la uniformidad de las celdas en la reacción química.

## **Agua**

El agua es un agente químico primario de expansión, denominado agente natural. Este elemento constituye el tercer elemento indispensable en la fabricación de esponja junto al polioliol y TDI. El dióxido de carbono se genera con la reacción entre el tolueno disocianato y el agua, que es el causante de la expansión.

Este, junto a los otros dos elementos, establece la densidad de la esponja que se va a producir.

La presencia excesiva de este elemento, en la formulación de esponja de poliuretano, produce la ignición inmediata al fuego, lo que implica que este marque tope de partes en peso de agua, presente en una formulación, el cual no debe de exceder de 5 partes en peso de polioliol, es decir, la proporción con referencia al 100% de polioliol presente en una fórmula.

En el área de laboratorio, que es donde se realiza la mezcla de los diferentes componentes para realizar la esponja de poliuretano, actualmente no cuenta con una adecuada ventilación, por lo que cuando los componentes se encuentran en el proceso de mesclado emiten ciertos gases al medio ambiente que son dañinos para los trabajadores de toda la planta.

Un aspecto que se tiene que tomar en cuenta, ya que muchas veces el personal por no contar con equipo de protección, realiza actividades que conllevan a pérdidas para la empresa, ya que los gases emitidos hacen que se desconcentren y acepten producto defectuoso como producto de calidad.

#### **2.1.3.1 Especificaciones de sus componentes**

Para realizar un producto de buena calidad, se tiene que tomar en cuenta las especificaciones de sus componentes, ya que el proceso de espumado requiere de combinaciones químicas, en las cuales se tiene que tener un adecuado control en la mezcla de los componentes.

Para el estudio se toma en cuenta la esponja que tiene la densidad de 16 Kg/m<sup>3</sup>. Esta característica es de las más solicitadas en el mercado, ya que esta esponja es muy utilizada para diferentes actividades.

A continuación se presenta una tabla, en la cual se detalla las cantidades necesaria para producir un bloque de esponja de poliuretano.

**Tabla II. Especificaciones de los componentes de la esponja**

<b>Especificaciones del polyol:</b>	
Número de hidróxido, mg KOH/g	54.5 - 57.5
Número de ácido, mg KOH /g	0.02 max
Insaturación, meg/g	0.04 max
Ph (10:6 IPA/ H2O)	6.5 – 8.0
Agua, wt. %	0.05 max
Color, pt-co	50 max
Apariencia	PASS
<b>Especificaciones TDI</b>	
Acidez, como HCL	0.0040 max
Color, APHA	25 max
Análisis, TDI	99.7 min
Hidro cloruros	0.0070 max
Contenido isómero 2.4	79.0 – 81.0
Contenido isómero 2.6	19.0 – 21.0

## **2.2 Análisis del proceso**

El proceso de producción de la esponja de poliuretano se lleva a cabo a través de diferentes etapas y áreas, dentro de las cuales estas:

- Área de laboratorio
- Área de curado
- Etapa de cuadrado del bloque
- Área de pintado de monos
- Etapa de laminado de monos
- Área de empaquetado de esponja

Estas son las diferentes actividades que se tienen que llevar a cabo para la elaboración de esponja.

### **2.2.1 Análisis de cada una de las operaciones**

Dentro de las diferentes etapas y áreas descritas anteriormente se llevan a cabo diferentes operaciones para poder realizar un producto de alta calidad y que cumpla con las expectativas de los clientes. Estas se analizarán de una forma más específica a continuación.

## **Área de laboratorio**

Esta es el área más importante de todo el proceso, ya que la producción de esponja de poliuretano inicia con el proceso de espumado, acá es donde los químicos son llenados en el tanque de la máquina espumadora, luego el contenedor es colocado debajo de la máquina y empieza su bombeo. Los químicos son inyectados automáticamente dentro del tanque. Una vez que el tanque está lleno, se abre la escotilla y la mezcla es descargada dentro del contenedor.

Luego el contenedor es transportado fuera de la máquina, los químicos empezarán a su concentración en el bloque de la espuma y serán descargados. Después el molde es colocado nuevamente debajo de la máquina, repitiendo automáticamente el proceso.

En esta área se tiene que tomar en cuenta la temperatura, ya que de esta depende el buen uso de los diferentes componentes.

La temperatura ideal para el área de laboratorio es 15°C - 20°C para que los químicos esenciales como lo son el polyol e isocianato funciones de una mejor manera.

## **Área de curado**

El bloque de espuma descargado es transportado al área de curado, que es el siguiente proceso, acá un ventilador de escape expulsará todos los gases y vapores de la parte superior del bloque y luego este se deja en un período de 24 horas para secado.

Esta área es muy esencial en todo el proceso de la esponja de poliuretano, ya que en esta es donde se da el intercambio de temperatura de los bloques que han sido producidos en el laboratorio.

El área de curado debe ser ventilada con aire fresco. Por lo que la temperatura ambiente ideal es de 23°C - 26°C.

### **Etapa de cuadrado del bloque**

En esta etapa, luego que se ha pasado el proceso de espumado y es en donde se realizan los bloques de diferentes denominaciones, que para estudio se utilizaran los bloques con densidades de 16, 18 y 21 Kg/m<sup>3</sup>, estos bloques tienen las dimensiones de 65" de largo y ancho. A estos bloques se les tiene una tolerancia de 2.5" tanto de largo como de ancho, que por el proceso de espumado representa irregularidades denominadas lomos, generadas por la tapadera del molde de espumado. Estos son eliminados por la máquina cuadradora y con ello el bloque queda finalmente de 60" de largo y de ancho, luego a este bloque se le realiza un corte en el centro que hace dos denominados monos de 30 por 30".

### **Área de pintado de monos**

En esta área es donde, luego de establecer los monos que han sido cortados por la máquina cuadradora, se le coloca el nombre de la empresa al producto para que este sea reconocido en el mercado. Este proceso se realiza a través de una pistola sopladora a base de un compresor y utilizando pintura especial para que esta permanezca durante un largo tiempo establecido en las esponjas.

### **Etapas de laminado de monos**

Aquí es donde se realizan los diferentes cortes de las planchas de los monos, estos cortes son en base a las exigencias de los clientes, dentro de los cortes más realizados están las planchas con grosores de 1/8 , 1/4 , 1/2 ", entre las más solicitadas.

### **Área de empaquetado de esponja**

Esta es la última etapa del proceso, luego que ha sido inspeccionada la esponja y establecido que cumple con los estándares establecidos, el producto es empacado en nylon para que luego este pase al departamento de inventario, donde se registra para luego ser distribuido en el mercado para su uso final.

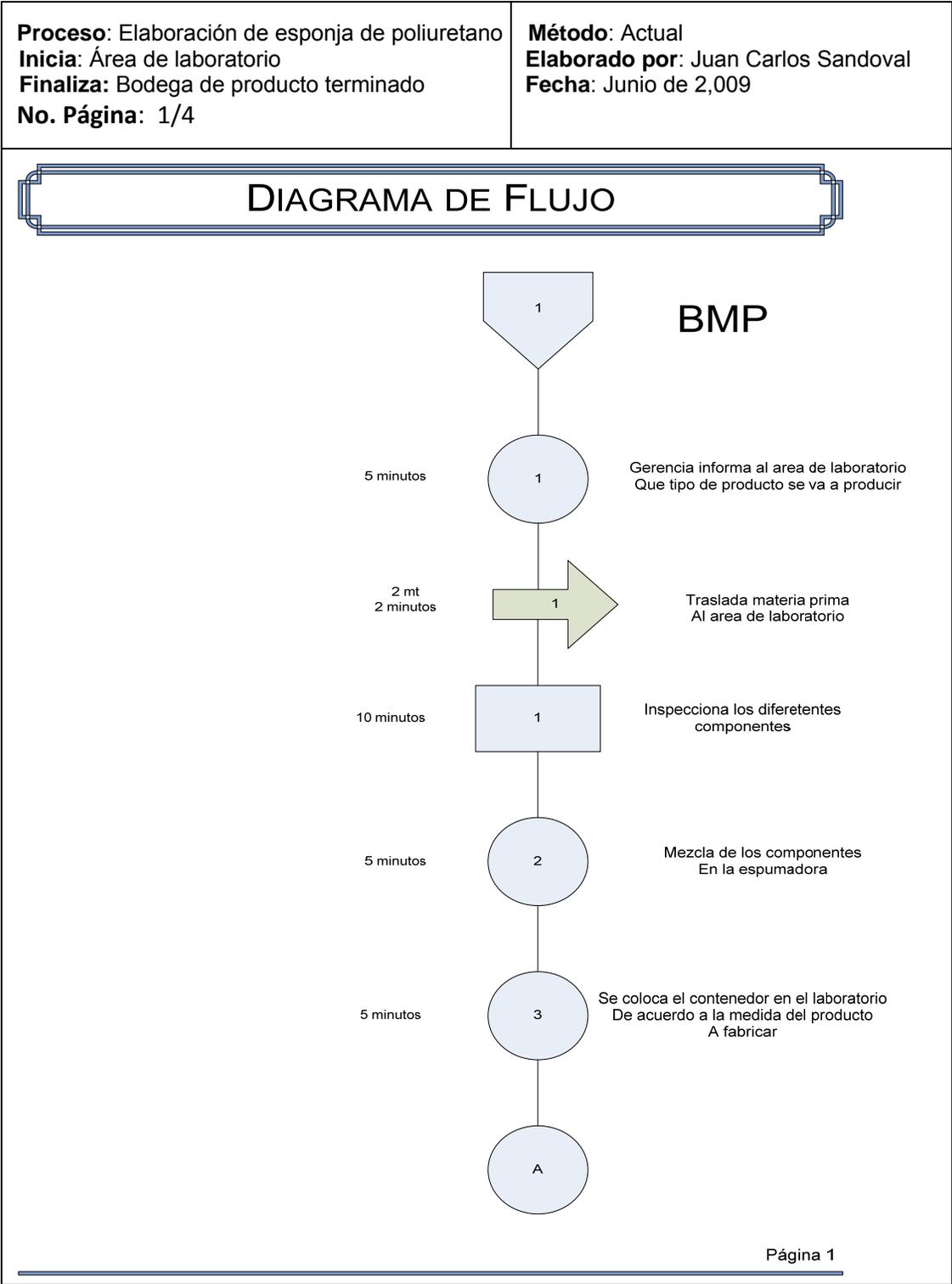
## **2.3 Descripción del proceso actual**

El proceso de producir esponja de poliuretano, se lleva a cabo mediante una serie de actividades, que inician desde que la materia prima se encuentra almacenada, hasta que llega a bodega de producto terminado para que seguidamente sea distribuida a los clientes respectivos. El proceso se describirá de una mejor manera a través de los diagramas de flujo de operaciones y el diagrama de recorrido, diagramas que se presentan a continuación.

### **2.3.1 Diagrama de flujo de operaciones actual**

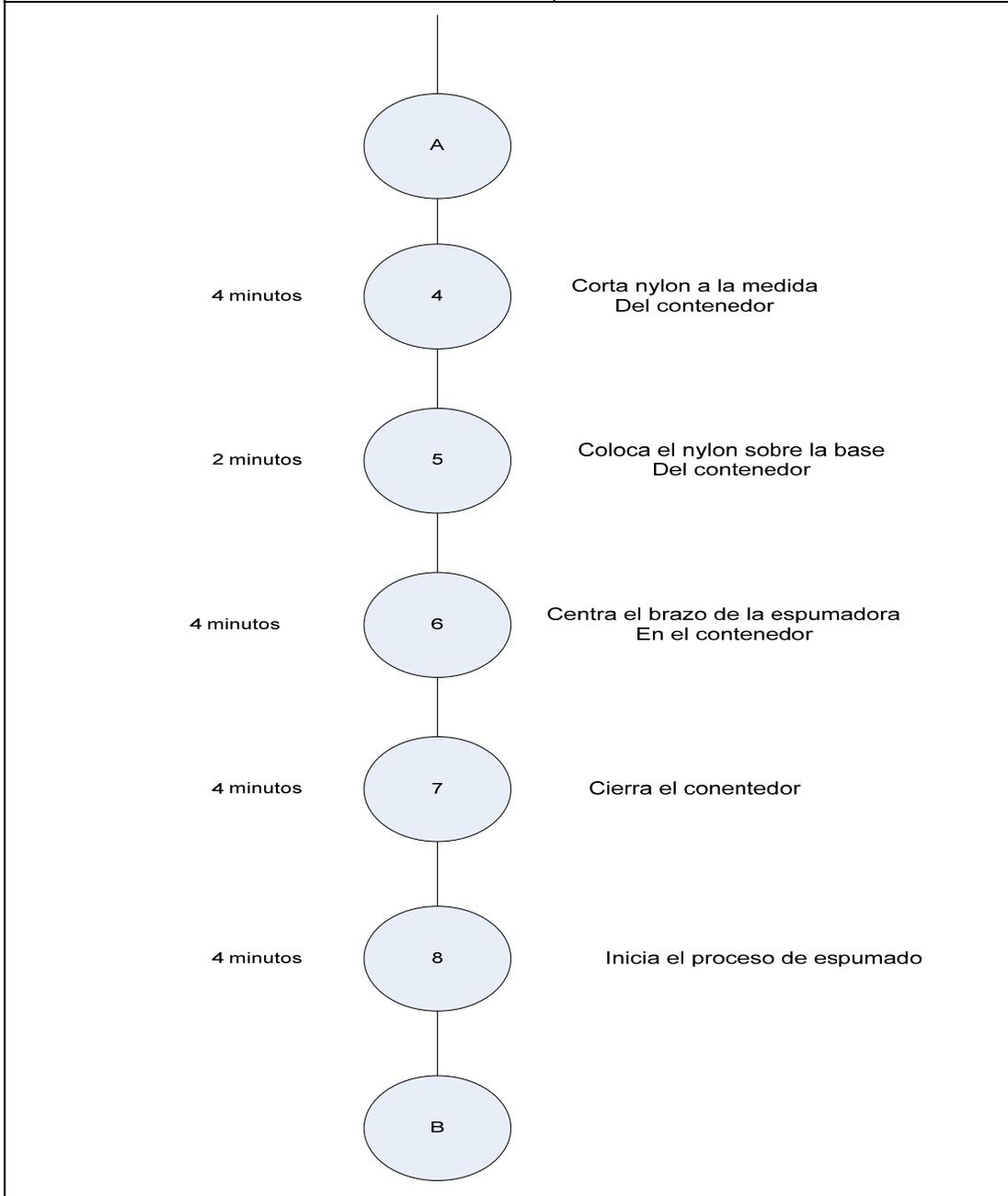
El diagrama de flujo de operaciones permite un análisis más completo de todo el proceso que se lleva a cabo en la organización para poder producir un bloque de esponja de poliuretano, ya con este se detalla de forma específica cada una de las actividades que se necesitan en todo el proceso productivo. El proceso se representa en la siguiente figura.

**Figura 6. Diagrama de flujo de operaciones**



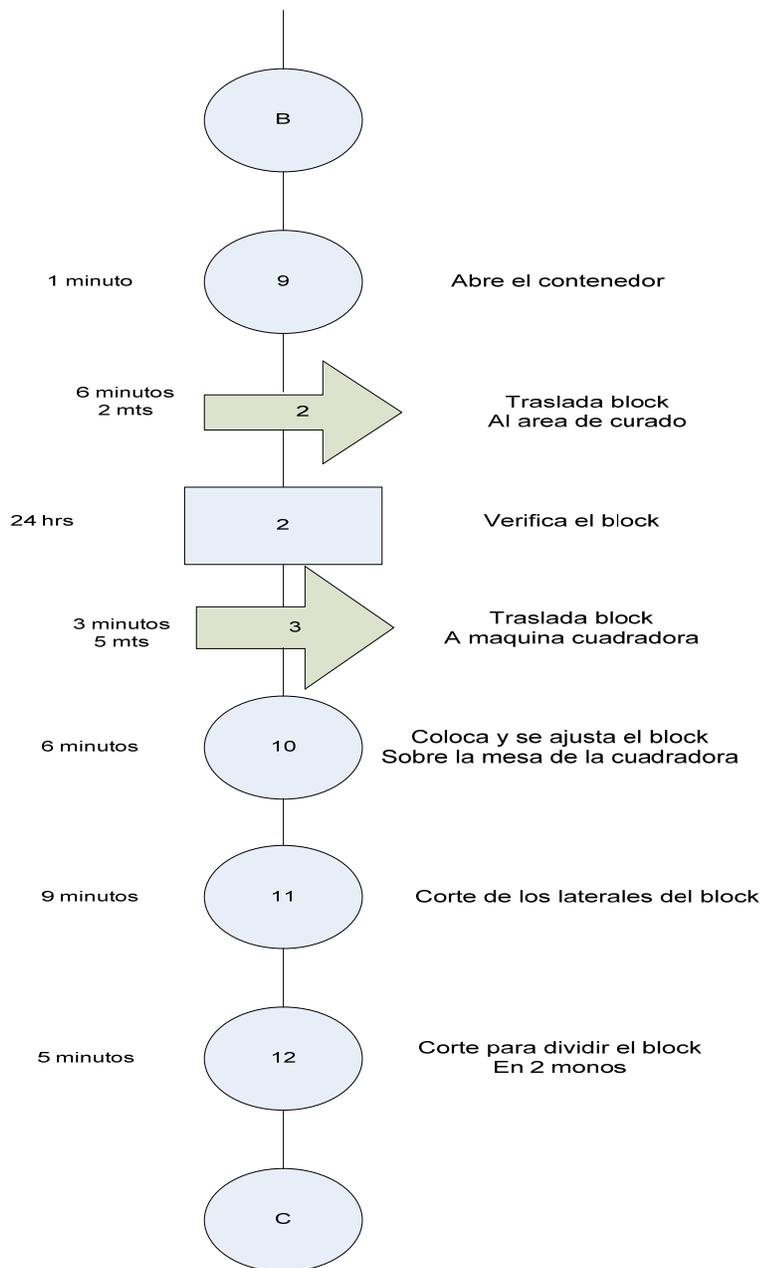
**Proceso:** Elaboración de esponja de poliuretano  
**Inicia:** Área de laboratorio  
**Finaliza:** Bodega de producto terminado  
**No. Página:** 2/4

**Método:** Actual  
**Elaborado por:** Juan Carlos Sandoval  
**Fecha:** Junio de 2,009

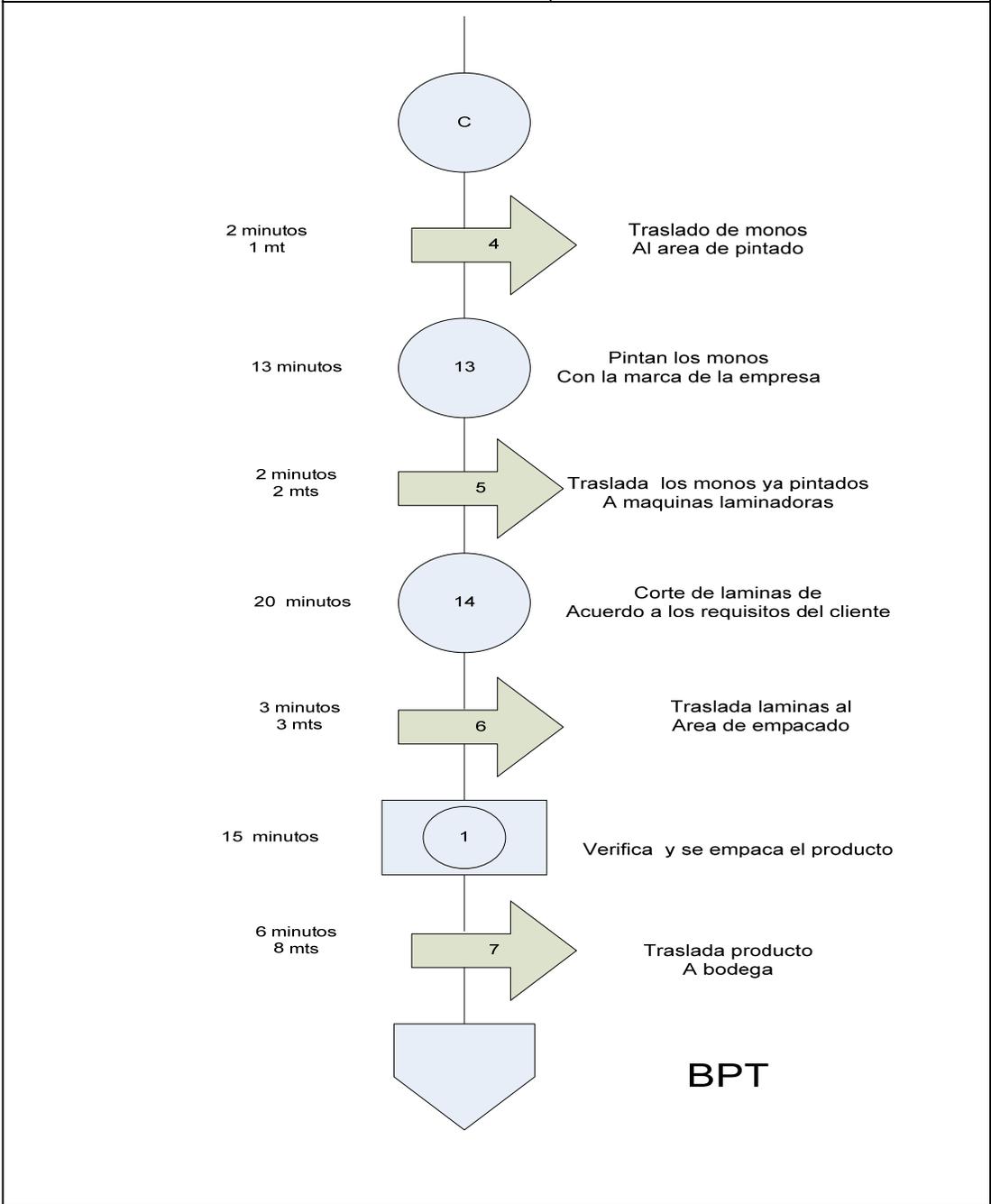


**Proceso:** Elaboración de esponja de poliuretano  
**Inicia:** Área de laboratorio  
**Finaliza:** Bodega de producto terminado  
**No. Página:** 3/4

**Método:** Actual  
**Elaborado por:** Juan Carlos Sandoval  
**Fecha:** Junio de 2,009

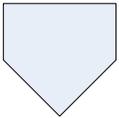
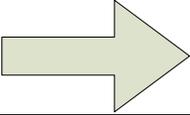
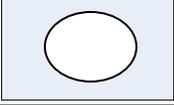


<p><b>Proceso:</b> Elaboración de esponja de poliuretano  <b>Inicia:</b> Área de laboratorio  <b>Finaliza:</b> Bodega de producto terminado  <b>No. Página:</b> 4/4</p>	<p><b>Método:</b> Actual  <b>Elaborado por:</b> Juan Carlos Sandoval  <b>Fecha:</b> Junio de 2,009</p>
---	--



## Resumen del diagrama de flujo

**Tabla III. Resumen de diagrama de flujo**

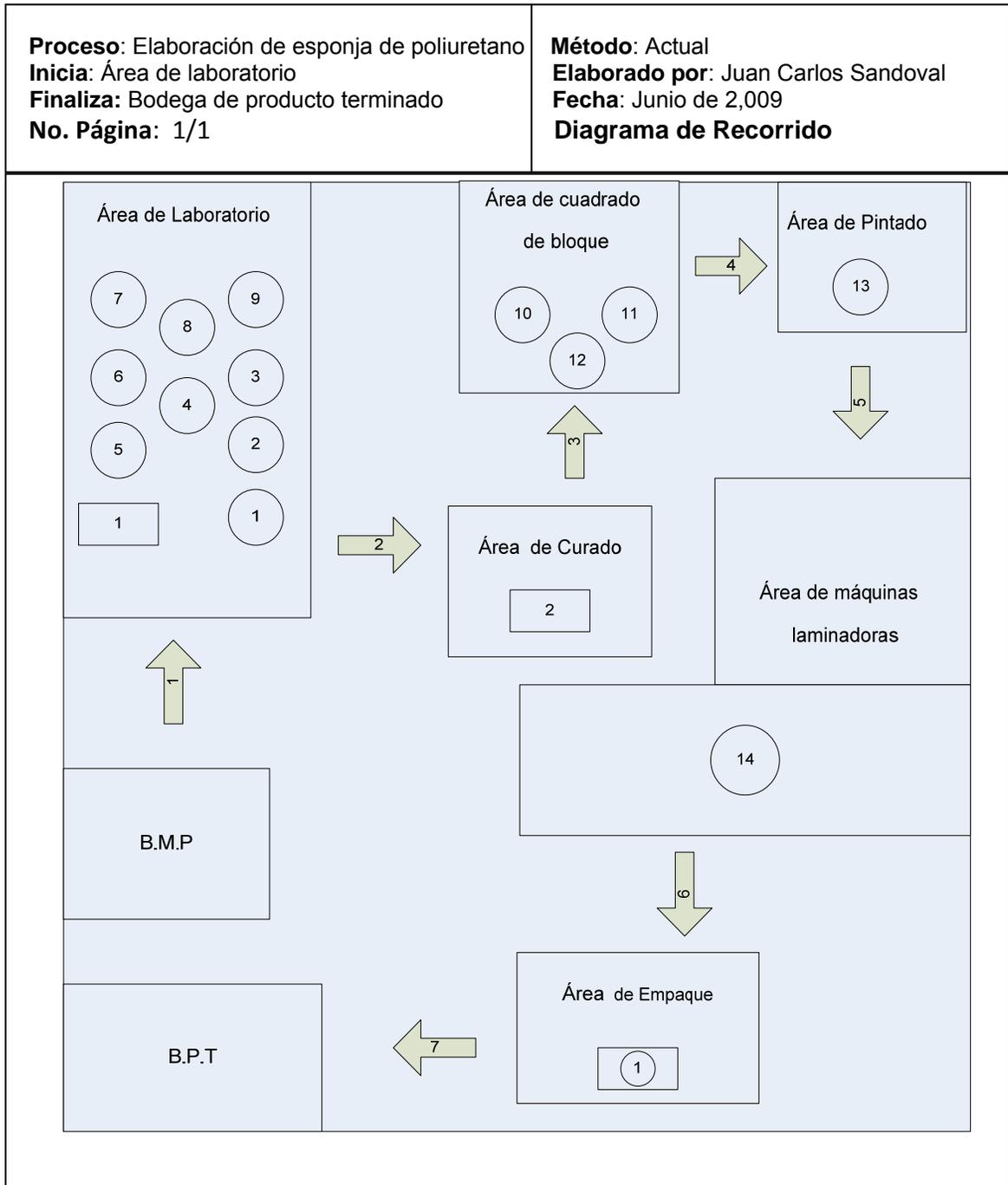
Símbolo	Nombre	Cantidad	Tiempo	Distancia
	BMP o BPT	2	-----	-----
	Operación	14	87 minutos	-----
	Inspección	2	1450 minutos	-----
	Transporte	7	24 minutos	23 metros
	Combinación Inspección/operación	1	15 minutos	-----
Total		26	1576 minutos	23 metros

Con el resumen del diagrama de flujo se puede observar que para producir un bloque ya laminado de esponja de poliuretano se necesita de un tiempo de 1576 minutos y una distancia de 23 metros.

### 2.3.2 Diagrama de recorrido del proceso actual

Con el diagrama de recorrido se hará una representación gráfica de las instalaciones sobre las cuales la empresa lleva a cabo el proceso de elaboración de la esponja de poliuretano que. Este se demostrará en la siguiente figura.

**Figura 7. Diagrama de recorrido actual**



## **2.4 Análisis actual de control de calidad**

La organización actualmente no cuenta con un método o con un proceso específico de control de calidad para poder aplicarlo sobre la esponja de poliuretano y con ello realizar un análisis respectivo. Por lo que el análisis que se lleva a cabo en la esponja es cuando se realiza la actividad de laminado de los bloques, ya que la persona encargada de laminar observa que en la cuchilla de la maquina quedan grumos de la esponja, por lo que esta persona de inmediato culmina de laminar e informa a la persona encargada de verificar la calidad de las esponjas y esta verifica todo el bloque para determinar y establecer cuál ha sido la causa matriz del problema.

Esta actividad se lleva a cabo muy frecuentemente, ya en la organización no existe un control más específico en el cual se verifique la esponja antes de que sea laminada. Por lo que el control de calidad que se lleva a cabo en la esponja involucra a todo el personal productivo de la empresa, por el hecho de no contar con un departamento específico para realizar en control de la calidad en la esponja.

### **2.4.1 Criterio de aceptación y rechazo actual**

Actualmente por el hecho de no contar con un método específico para aplicar un control sobre las esponjas de poliuretano, en la empresa se realiza la actividad de manera empírica, basado a experiencia y a criterio del buen ojo, como lo denominan en el departamento.

Generalmente cuando el departamento de producción tiene que elaborar un bloque, luego que la alta dirección le proporciona los requisitos, se lleva a cabo el proceso y cuando sale el bloque y es trasladado al área de las maquinas laminadoras para que se lleve a cabo los cortes respectivo, hace que existan grandes cantidades de esponja. Por lo que llevar a cabo una inspección al 100% resulta tedioso y no proporciona garantía de que distribuirá producto sin defectos.

El criterio de aceptación o rechazo de los lotes terminados de esponjas de poliuretano que se tiene actualmente en la organización , inicia desde que el personal encargado de laminar coloca el bloque sobre la respectiva mesa de la maquina laminadora, desde ahí puede observar ciertas características como la elongación, el desgarre y la compresión; otro criterio que se tiene es cuando está realizando los respectivos cortes del bloque, si este observa residuos de grumos de esponja que quedan en la cuchilla, avisa a la persona encargada de calidad, para que estos analicen de una mejor manera las esponjas y en base a ello toman decisiones sobre aceptar o rechazar el lote.

No contar con un método para establecer el control respectivo de calidad sobre la esponja hace que la organización distribuya productos no conformes o de mala calidad. Actividad que le representa perdidas a la empresa, ya que existen enojos y reclamos por parte de los clientes, actividad que se pretende mitigar con la implantación del plan de muestreo.



### **3. PROPUESTA PARA ESTABLECER UN PLAN DE MUESTREO SIMPLE**

#### **3.1 Diseño de un plan de muestreo simple**

El plan de muestreo simple que se propone a la organización consiste en seleccionar aleatoriamente una muestra representativa de láminas que se generan en el proceso de laminado de los bloques de esponja, con el objetivo de realizar una inspección y en base a esta tomar decisiones en base a parámetros y criterios sobre la aceptación o rechazo del lote de láminas.

El diseño del plan se base en el método de Military Standard 105D, que es un muestreo de aceptación por atributos, mediante el cual se realiza una serie de procedimientos y etapas para poderlo aplicar.

Debido al proceso que realiza la empresa, un plan de muestreo simple es el más aconsejable, ya que la esponja proveniente de los bloques es cortada en láminas, con dimensiones determinadas, de acuerdo con el modelo y tamaño, por lo que cuando se realiza el proceso de laminado, existe una gran cantidad de unidades y estas no pueden ser inspeccionadas al cien por ciento, esto genera la distribución de producto defectuoso no deseado, por lo que al implementar el plan se tendrá un mejor control, ya que se toma una muestra representativa del bloque de esponja para inspeccionar con la ayuda de las tablas de la Military Standard 105D y con las hojas de verificación propuestas más adelante.

### **3.1.1 Military Standard 105 D (ANSI/ASQ Z1.4)**

En la actualidad, el MIL STD 105D es el sistema de muestreo de aceptación por atributos más usado en el mundo. Su versión original fue desarrollada en 1950. Desde entonces ha tenido tres versiones; la última versión es de 1963. En 1973 fue adoptado por la organización Internacional de Normalización (ISO), y le asigno el código ISO-2859.

El MIL STD 105D es un sistema de muestreo de aceptación por atributos, basado en el nivel de calidad de aceptación (NCA) y su objetivo es mantener un promedio del proceso al menos igual que el NCA de aceptación, manteniendo al mismo tiempo un límite para el riesgo del cliente de aceptar ocasionalmente un lote de poca calidad. Se aplica a productos finales, materias primas, operaciones, mantenimiento y procedimientos administrativos.

Este método permite establecer controles respecto al número de unidades de láminas defectuosas producidas en la empresa.

La MIL STD 105D es una herramienta de gran utilidad en el medio empresarial, ya que con esta se puede establecer mejores parámetros de calidad en la elaboración de productos como la esponja de poliuretano, ya que esta se base en un nivel calidad de aceptación (NCA) y con ello se toman medidas de acción para aceptar o rechazar un lote de láminas de esponja.

### 3.1.1.1 Esquema del MIL STD 105D

Todo diseño tiene que contar con su respectivo modelo o esquema a seguir para poder aplicarse, la MIL STD 105D no es la excepción. Por lo que para diseñar el plan de muestreo simple se tiene que tomar en cuenta los siguientes pasos:

1. Determinar el tamaño del lote.
2. Especificar el NCA o AQL.
3. Escoger el nivel de inspección.
4. En la tabla IV , y de acuerdo con el tamaño del lote y el nivel de inspección, encontrar la letra código correspondiente para el tamaño de muestra.
5. Determinar el tipo de plan de muestreo a ser usado.
6. De acuerdo con la letra código y el NCA, en la tabla V buscar el plan simple para inspección normal.

Para la realización de este plan de muestreo se utilizarán las tablas siguientes:

- Letra de códigos para el tamaño de la muestra MIL-STD-105D (Norma ABC).
- Tabla maestra para inspección reducida (muestreo simple) MIL-STD\_105D (Norma ABC).

Las tablas anteriormente mencionadas se demuestran a continuación, ya que estas forman parte importante para poder aplicar un plan de muestreo mediante la MIL STD 105D.

**Tabla IV. Letras de código para MIL STD 105D**

Tamaño del lote	Niveles de inspección especiales				Niveles de inspección generales		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 – 8	A	A	A	A	A	A	B
9 – 15	A	A	A	A	A	B	C
16 – 25	A	A	B	B	B	C	D
26 – 50	A	B	B	C	C	D	E
51 – 90	B	B	C	C	C	E	F
91 – 150	B	B	C	D	D	F	G
151 – 280	B	C	D	E	E	G	H
281 – 500	B	C	D	E	F	H	J
501 – 1200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 - 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 - 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 - 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 - 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 - 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001 y más	D	E	H	K	N	Q	R

Tabla K Letras clave del tamaño de la muestra MIL-STD-105D

(Norma ABC)

Fuente: Ref. 1, pag. 371

**Tabla V. Tabla maestra para inspección normal (muestreo simple) MIL-STD\_105D (Norma ABC).**

**TABLA 18.6.** Tabla para inspección normal: Muestreo simple (MIL STD 105D)

Letra código para el tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra n	Nivel de calidad aceptable (NCA o AQL), en porcentaje																									
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400		
A	2	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
B	3	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
C	5	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
D	8	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
E	13	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
F	20	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
G	32	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
H	50	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
J	80	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
K	125	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
L	200	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
M	315	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
N	500	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
P	800	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
Q	1250	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
R	2000	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re

Indicaciones: Si en la intersección del renglón (letra código) y de la columna (NCA) se encuentra una flecha en lugar de los números de aceptación (Ac) y de rechazo (Re), entonces siga la dirección de la flecha y use el primer plan que esté después de la flecha. Por ejemplo suponga que la letra código para un caso particular es H, por lo que el tamaño de muestra asociado a esta letra es n = 50, y si el NCA = 0.1%, entonces en la intersección correspondiente se encuentra una flecha con dirección hacia abajo; al seguirla, el primer plan que se encuentra es Ac = 0, Re = 1, y el tamaño de muestra a usar es n = 125.

### **3.1.1.2 Niveles generales de inspección**

Estos definen la relación del tamaño del lote y el tamaño de la muestra. Con mayores tamaños de lote se establecen mayores tamaños de muestra aunque no en proporción directa. El tamaño de la muestra se codifica por letras.

Existen tres niveles generales: I, II, III.

El Nivel I se utiliza cuando se busca reducir desechos en la producción, el nivel II cuando se pretende establecer un control en la producción y el nivel III cuando se puede desechar una mayor cantidad de producto. Hay además cuatro niveles especiales S1, S2, S3 y S4. El objetivo de estos niveles es poder reducir el tamaño de muestra cuando esto es necesario.

Debido a las características de la esponja, para la implementación del plan de muestreo se utiliza el nivel II, ya que se llevara a cabo una inspección normal.

### **3.1.1.3 AQL necesario para el producto**

El nivel de calidad de aceptación es indispensable en la implementación del plan de muestreo, ya que éste es un indicador para aceptar lotes buenos y rechazar lotes malos.

El AQL se representa en porcentajes, debido a la probabilidad de aceptar un lote, cuando en realidad es malo o la de rechazar un lote, cuando este está bueno. Debido al tipo de producto que genera la empresa, en este caso la esponja y a que se llevara a cabo una inspección normal, el AQL para el estudio será de 1%.

#### **3.1.1.4 Tipos de inspección**

La inspección es una actividad que se lleva a cabo en la empresa con el objetivo de analizar de una forma más detallada las láminas de esponja. Cuando se aplica un muestreo de aceptación haciendo uso de la MIL STD 105D, esta establece que existen 3 tipos de inspección, los cuales se describen a continuación.

##### **Normal**

Se usa para asegurar una alta probabilidad de aceptación cuando la calidad del proceso es superior al NCA y no hay porque sospechar que el proceso no tiene un nivel aceptable.

##### **Rigurosa**

Se usa cuando el criterio de aceptación es más estricto que en la inspección normal. Se determina este, cuando la inspección de lotes anteriores consecutivos indica que la calidad del proceso es inferior al NCA.

##### **Reducida**

Cuando existe evidencia de que la calidad de la producción es mejor que el NCA en forma consistente se pueden utilizar un plan de muestreo cuyo tamaño de muestra es de 2/5 partes del correspondiente a inspección normal. En el momento de encontrar un lote rechazado se vuelve a la inspección normal.

Para el estudio y la implementación del plan de muestreo en la empresa es necesario utilizar el tipo de inspección Normal, ya que esta es la más recomendada al iniciar un plan de inspección.

### **3.1.1.5 Reglas de cambio**

Las reglas de cambio se tendrán que llevar a cabo dentro de la empresa cuando no se estén dando los resultados esperados, pues se sabe que cuando se está utilizando un muestreo por atributos y el proveedor está produciendo una calidad más mala que el NCA, un plan de muestreo bien elegido debe rechazar suficientes lotes para que se justifique el mejoramiento de la calidad sin demora alguna. Además cuando la producción está bajo control se puede esperar una calidad mejor que el NCA. Ahora bien, el establecer el NCA no garantiza que el comprador no acepte lotes de baja calidad. Si la calidad de los lotes es ligeramente peor que el NCA, algunos lotes de baja calidad sean aceptados antes de cambiar a inspección rigurosa. Los cambios de tipo de plan se implementan:

#### **Normal a riguroso**

Cuando se rechazan 2 de 5 lotes, o menos de 5 lotes consecutivos.

#### **Normal a reducido**

Cuando se considera que la producción se encuentra controlada.

#### **Riguroso a normal**

Cuando 5 lotes consecutivos son aceptados.

#### **Reducido a normal**

Cuando se rechaza un lote.

## **Suspensión de la inspección**

Cuando se rechazan 5 lotes consecutivos bajo inspección rigurosa.

Estos cambios se tendrán que llevar a cabo en la empresa cuando se presente algún acontecimiento, como los descritos anteriormente, caso contrario se mantendrá el nivel de inspección normal.

### **3.2 Hojas de verificación**

Las hojas de verificación son una herramienta muy importante, ya que con la ayuda de estas se puede llevar un mejor control sobre el proceso de fabricación de los bloques de esponja de poliuretano. A continuación se presenta un formato que facilitará realizar una inspección y reunir datos basados en la observación del comportamiento del proceso de una forma ordenada en los bloques de esponja, para que después de tomar dicha información, estas sean analizadas, tabuladas y graficadas para su respectivo análisis.

**Figura 8. Hoja de verificación de esponja**

**HOJA DE VERIFICACIÓN DE ESPONJA**



**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Elaborado por:** \_\_\_\_\_

**Código del bloque:** \_\_\_\_\_

**Medidas:**

**Ancho:** \_\_\_\_\_ **Largo:** \_\_\_\_\_ **Espesor:** \_\_\_\_\_

**Densidad:** \_\_\_\_\_

**Temperatura:** \_\_\_\_\_

**Estado del bloque:** \_\_\_\_\_

**Observaciones:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



### **3.2.1 Obtención de datos**

La obtención de datos es una actividad que se llevará a cabo dentro de la organización con el objetivo de establecer y analizar las diferentes actividades que se presentan en el proceso productivo de la elaboración de esponja.

Dentro del proceso de elaboración de esponja de poliuretano se debe de verificar el correcto desempeño de cada una de las operaciones, para que en el desarrollo se evite mayor cantidad de imperfecciones o productos defectuosos que se pueden dar.

La obtención de la información de datos sobre el proceso de fabricación de esponja de poliuretano se llevara a cabo mediante las hojas de verificación que se han descrito anteriormente. Esta información servirá de mucho a la organización, ya que después de obtener la información, esta se tabulara y se graficara. Dicha grafica mostrara una información más detallada de lo que está sucediendo en el proceso.

### **3.3 Propuesta de mejora en áreas y departamentos de la empresa**

La empresa en estudio se divide en seis áreas y departamento, dentro de los cuales se realizan las diferentes actividades productivas para poder realizar la esponja de poliuretano. A continuación se presenta una serie de propuestas en las diferentes áreas para la organización, con el objetivo de hacer un proceso más eficiente y contribuir a la mejora continua.

#### **3.3.1 Propuesta para el área de laboratorio**

El laboratorio es el área más importante de toda la organización, ya que en este es donde se lleva a cabo la mezcla de todos los componentes necesarios para poder producir el bloque de esponja de poliuretano y dichos componentes al ser mezclados generan una serie de gases al medio ambiente con un olor desagradable que se extiende en toda la organización. Esto se genera por que en la empresa se cuenta con un extractor de olores muy pequeño, esto ocasiona que el ambiente en la empresa no sea propicio para que todos los trabajadores realicen sus actividades de forma correcta.

Por lo que se propone a la empresa de realizar el cambio de los extractores actuales, ya que cuando no existe un ambiente propicio de trabajo genera fatiga en los trabajadores. Si el cambio de extractores se considera un costo demasiado alto para la empresa, otra de las alternativas es la de proporcionar mascarillas industriales a todos los trabajadores, estas son una gran alternativa, ya que se protege la integridad de los trabajadores.

A continuación se presenta una fotografía de la mascarilla que se ajusta a las necesidades de la empresa, debido a los diferentes químicos que se utilizan.

**Figura 10. Mascarilla profesional**



Fuente: Fotografía realizada por investigador

### **3.3.2 Propuesta para el área de curado**

Esta es un área que se tiene que poner en énfasis en la empresa, ya que acá es donde se da la concentración pura de los químicos utilizados para la elaboración del bloque de esponja, por lo tanto tiene que existir un ambiente adecuado para que el bloque tome su compostura idónea al momento de secarse por completo. Este proceso conlleva una duración de 24 horas a una temperatura de 23 a 26 grados centígrados.

Debido a la distribución actual de la maquinara que se tiene en la empresa, el área utilizada para la colocación de los bloques genera una serie de inconvenientes, ya que esta queda muy cercana al área de cuadrado, por lo que al momento de seleccionar un bloque para laminarlo, muchas veces se tiene que mover los bloques recién terminados.

Estos por el proceso de espumado en caliente es recomendable que permanezcan en una posición fija, por lo que cuando son cambiados de su posición y están recién terminados, estos toman una descomposición no deseada, que se recompensa al momento de cuadrar el bloque, pero esto hace que exista una mayor tolerancia de corte, lo que genera un costo mayor de desperdicio.

Lo que se le propone a la empresa para evitar estos inconvenientes es, una reorganización de la maquinaria y así distribuir de mejor manera los bloques de esponja, esto se presenta en el diagrama de recorrido propuesto que se muestra a continuación.

### **3.4 Propuesta para rediseñar el proceso actual**

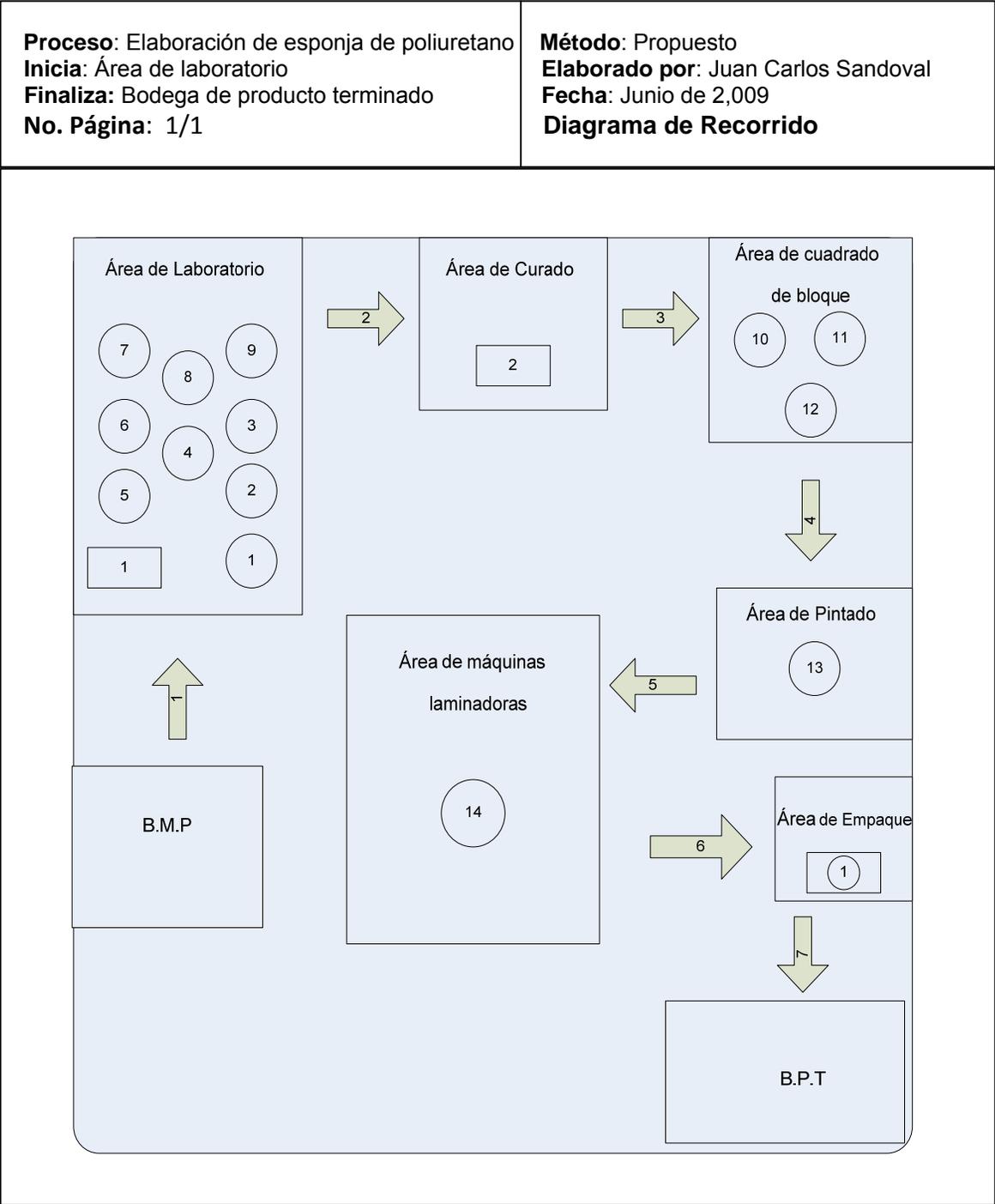
Con el objetivo de hacer un proceso más eficiente en la empresa, se presenta una propuesta para rediseñar el mismo, esta se basa en hacer una distribución enfocada en el proceso y lograr una producción continua, evitando cuellos de botella y tiempos perdidos.

#### **3.4.1 Diagrama de recorrido propuesto**

Después de haber realizado un análisis sobre el área en la cual la empresa realiza sus operaciones respectivas en el proceso de elaboración del bloque de esponja, se considera una propuesta para distribuir de una mejor manera la maquinaria y con ello lograr una producción continua.

Esta distribución se representa en el siguiente diagrama de recorrido.

**Figura 11. Diagrama de recorrido propuesto**



## **4. IMPLEMENTACIÓN PARA EL PLAN PROPUESTO**

### **4.1 Etapas de la implementación**

La implementación de un plan de muestreo simple exige una gestión progresiva y estructurada para establecer un control de la calidad. Esta implementación lleva las etapas de: capacitación del personal, implantación y control del proceso; etapas que se describen a continuación.

#### **Capacitación de personal**

En toda organización o cuando se pretende implementar un nuevo sistema o modelo de mejora, como es común y de esperar, existe un temor por lo desconocido, sin embargo para establecer el plan de muestreo simple se llevara a cabo una capacitación en la empresa, esta con el objetivo de hacer énfasis en los trabajadores de la importancia y el impacto que generara la implementación de dicho plan.

Como se ha mencionado anteriormente, el plan de muestreo se basa en las tablas utilizadas por el método military standard 105D, en el cual proporciona los niveles de inspección que se tienen que llevar a cabo en las laminadas generadas de los bloques de esponja de poliuretano y con ello establecer los parámetros y criterios de aceptación o rechazo en los lotes de esponja.

La capacitación se llevara a cabo a través de un seminario, que se puede impartir en la empresa contando con todo el personal de la misma, en el cual se da a conocer la forma correcta del uso e interpretación de las tablas que se emplean en la military standard 105D.

El seminario debe impartirse de forma práctica y teórica, con el objetivo de hacer una adecuada implementación del plan de muestreo, también para hacer conciencia de la importancia hacia el personal del nuevo plan, ya que con esta implementación se podrá determinar causas asignables y tomar la medida correctiva sobre la esponja y con ello poder establecer la mejora continua en la empresa.

La capacitación del personal es la parte esencial del plan, ya que con esta se hace una adecuada implementación y con ello establecer un control del proceso de elaboración de esponja de poliuretano que se lleva a cabo en la empresa.

## **4.2 Implementación del plan de muestreo**

Para establecer la implementación correcta del plan de muestreo simple, haciendo uso de MIL STD 105D es necesario tener un conocimiento de la forma correcta y el uso de las tablas de inspección que se tienen que utilizar. Este conocimiento y uso se demostrara en la parte práctica del seminario de capacitación que se impartirá a todos los miembros de la organización.

A continuación se demostrará a través de un ejemplo el uso correcto de las mismas.

#### **4.2.1 Uso de las tablas de inspección**

Dentro del seminario, en la parte practica, debe someterse a prueba unos bloques de esponja de poliuretano, el cual se encuentra en el área de curado y listo para ser laminado, esto con el objetivo de que el personal, tanto administrativo, como operativo, analice cada una de las distintas operaciones que se llevan a cabo en la organización, para obtener las laminas respectivas de esponja como producto terminado y listo para ser distribuido hacia los clientes.

Para la realización de este plan de muestreo se utilizarán las tablas siguientes:

- Letra de códigos para el tamaño de la muestra MIL-STD-105D (Norma ABC).
- Tabla maestra para inspección normal (muestreo simple) MIL-STD\_105D (Norma ABC).

Tablas IV y V respectivamente, que fueron presentadas en el capitulo anterior. Para hacer el uso de las tablas se tiene que seguir los siguientes pasos:

1. Establecer el tamaño total del lote a inspeccionar.
2. Establecer el porcentaje del nivel de calidad de aceptación (AQL) que se empleará en la inspección de la esponja.
3. Determinar el nivel de inspección que se llevará a cabo.

Para cumplir con los pasos requeridos, en la prueba se utilizaron 4 bloques de esponja de las distintas densidades que se manejan en la empresa, las cuales son 16, 18 y 21 Kg/m<sup>3</sup>, estas de 80 por 80 pulgadas, que al pasar al proceso de laminado, en el cual la mayor demanda se tiene en planchas de ½ pulgada, por lo tanto estas generaron un total de 640 planchas, convirtiéndose estas por lo tanto en el tamaño del lote (N), teniendo identificado el tamaño del lote, este se busca en la tabla IV propuesta.

**Tabla IV. Letras de código para MIL STD 105D**

Tamaño del lote	Niveles de inspección especiales				Niveles de inspección generales		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 – 8	A	A	A	A	A	A	B
9 – 15	A	A	A	A	A	B	C
16 – 25	A	A	B	B	B	C	D
26 – 50	A	B	B	C	C	D	E
51 – 90	B	B	C	C	C	E	F
91 – 150	B	B	C	D	D	F	G
151 – 280	B	C	D	E	E	G	H
281 – 500	B	C	D	E	F	H	J
<b>501 – 1200</b>	C	C	E	F	G	<b>J</b>	K
1 201 - 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 - 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 - 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 - 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 - 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001 y más	D	E	H	K	N	Q	R

Tabla K Letras clave del tamaño de la muestra MIL-STD-105D

(Norma ABC)

De acuerdo a la tabla, establecemos que para el lote de 640 unidades de laminas de esponja se encuentra en el rango de 501-1200, entonces, como el nivel de inspección de estableció que es normal, por lo tanto es II, se traza una línea horizontal y una vertical, y donde se interceptan es donde se establecer el código de la letra , que en este caso es **J**.

Con el código establecido anteriormente, se busca en la tabla V, en el lado izquierdo, la letra respectiva, en este cado es **J**, y esta nos proporcionara el tamaño de la muestra que se tendrá que inspeccionar. Seguidamente se busca en la parte superior de la tabla el nivel de inspección de calidad, en este caso es 1%, y luego se traza una línea vertical hasta que se intercepta con la línea horizontal que establece la letra clave de tamaño.

**Tabla V. Tabla maestra para inspección normal (muestreo simple) MIL-STD\_105D (Norma ABC).**

TABLA 18.6. Tabla para inspección normal: Muestreo simple (MIL STD 105D)

Letra código para el tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra n	Nivel de calidad aceptable (NCA o AQL), en porcentaje																								
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	
A	2																									
B	3																									
C	5																									
D	8																									
E	13																									
F	20																									
G	32																									
II	50																									
J	80																									
K	125																									
L	200																									
M	315																									
N	500																									
P	800																									
Q	1 250																									
R	2 000																									

Indicaciones: Si en la intersección del renglón (letra código) y de la columna (NCA) se encuentra una flecha en lugar de los números de aceptación (Ac) y de rechazo (Re), entonces siga la dirección de la flecha y use el primer plan que esté después de la flecha. Por ejemplo suponga que la letra código para un caso particular es H, por lo que el tamaño de muestra asociado a esta letra es n = 50, y si el NCA = 0.1%, entonces en la intersección correspondiente se encuentra una flecha con dirección hacia abajo; al seguirla, el primer plan que se encuentra es Ac = 0, Re = 1, y el tamaño de muestra a usar es n = 125.

Luego de establecer las intersecciones el plan establece los resultados, para el código de letra J, se tiene que tomar una muestra de 80 unidades (n), del lote de 640 (N), con un nivel AQL de 1%, las cuales tendrán que ser inspeccionadas una por una con el objetivo de verificar que cumplan con las características de calidad de la esponja.

El plan de muestreo proporciona los niveles y criterio que se tienen que llevar tanto para aceptación, como para de rechazo del lote completo de las laminas de esponja.

#### **4.3 Implementación de las hojas de verificación**

Para establecer un adecuado control de calidad sobre el proceso de elaboración de esponja y de las diferentes actividades que se llevan a cabo durante el proceso productivo de la esponja de poliuretano, es necesario llevar a cabo la implementación de las hojas de verificación, ya que con estas, la persona encargada de calidad informara a la alta gerencia sobre lo que ocurre en el proceso.

Con las hojas de verificación, se recopilará la información necesaria que luego se tabulará para realizar el adecuado análisis y así tomar decisiones en base a datos específicos y concretos.

### **4.3.1 Uso de las hojas de verificación**

Haciendo uso del esquema de las figuras 6 y 7, anteriormente mostrada, la persona encargada de la calidad de las esponjas realizara inspecciones periódicas sobre todo el proceso con la finalidad de tomar todos los datos necesarios que luego los colocara en las respectivas hojas.

Esta actividad se debe de realizar diariamente, con el objetivo de establecer una adecuada base de datos sobre las actividades que se representaran en la organización. Ya que al contar con una base histórica de datos se establecerá la filosofía de mejora continua, ya que se detectaran irregularidades en el proceso y se tomaran medidas preventivas a la mayor brevedad posible.

A continuación se presenta algunas de las hojas de verificación con los respectivos datos que se utilizaron en la implementación de las mismas, estas también sirvieron para establecer una base de datos, los cuales se utilizaron para realizar los histogramas, en este caso se muestran los histogramas de las diferentes densidades, estos con el objetivo de analizar desde el punto de vista grafico el comportamiento que se da en los bloques de esponja de las diferentes denominaciones.

## HOJA DE VERIFICACIÓN DE ESPONJA



Fecha: 15 de junio de 2009

Elaborado por: Juan Carlos Sandoval

Código del bloque: Celeste

Medidas:

Ancho: 2.16 mt Largo: 2.16 mt Espesor: 2.16 mt

Densidad: 17.90 Kg/m<sup>3</sup>

Temperatura: 24.5 °C

Estado del bloque: Normal

Observaciones: Ninguna

\_\_\_\_\_

## HOJA DE INSPECCIÓN PARA GRÁFICOS DE CONTROL

Fecha: 20 de junio de 2009

Elaborado por: Juan Carlos Sandoval

Código del bloque: Rojo Uno

Muestra o lote	Tamaño del Lote	Número de artículos Defectuosos	Fracción defectuosa
1	160	11	0.06875
2	160	7	0.04375
3	160	21	0.13125
4	160	6	0.0375
5	160	8	0.05
6	160	27	0.16875
7	160	8	0.05
8	160	5	0.03125
9	160	11	0.06875
10	160	22	0.1375
<b>Sumatoria</b>	1600	126	

$$p = \frac{\sum \text{láminas defectuosas}}{\sum \text{No. Muestras}} = 126/1600 = \mathbf{0.07875}$$

$$LCSp = p + 3 \sqrt{p(1-p)/n} = \mathbf{0.0123}$$

$$LCCp = p =$$

$$LCIp = p - 3 \sqrt{p(1-p)/n} = \mathbf{0.0148685}$$

**Observaciones:** Los bloques código rojo se encuentran fuera de los límites de calidad, notificar a depto. de producción

#### 4.4 Gráficos de control por atributos

Con los datos obtenidos por las hojas de verificación propuestas, se determino que existe un gran porcentaje de laminas defectuosas en los bloques con densidad de 16 Kg./m<sup>3</sup>. Estos porcentajes se representaran con gráficos para tener una mejor perspectiva sobre lo que está ocurriendo en la empresa y en base a ello tomar medidas correctivas sobre este tipo de esponja.

##### 4.4.1 Gráfico P

Los gráficos **P** son aquellos que representa de una forma gráfica los porcentajes o variaciones que se dan en productos defectuosos, en este caso se presenta la gráfica que se obtuvo luego de tabular los datos obtenidos en el estudio realizado en la empresa.

**Tabla VI. Muestras para el gráfico P**

Numero de muestra	Muestra	Laminas defectuosas	P'
1	160	11	0.06875
2	160	7	0.04375
3	160	21	0.13125
4	160	6	0.0375
5	160	8	0.05
6	160	27	0.16875
7	160	8	0.05
8	160	5	0.03125
9	160	11	0.06875
10	160	22	0.1375
	1600	126	

$$LCS_p = p + 3 \sqrt{p(1-p)/n}$$

$$LCC_p = p$$

$$LCI_p = p - 3 \sqrt{p(1-p)/n}$$

$$p = \frac{\sum \text{laminas defectuosas}}{\sum \text{No. Muestras}} =$$

Estas son las fórmulas necesarias para obtener los datos de los límites de control, tanto superior, central e inferior y con ellos graficar. Los datos necesarios para sustituirlos en las fórmulas se toman de la tabla anteriormente mostrada. A continuación se demuestra cómo se obtuvieron los resultados.

$$p = \frac{\sum \text{láminas defectuosas}}{\sum \text{No. Muestras}} = \frac{126}{1600} = \mathbf{0.07875}$$

El dato obtenido es 0.07875, el cual representa el límite de control central en la gráfica. Seguidamente se obtienen los datos de los límites superior e inferior.

$$LCS_p = p + 3 \sqrt{p(1-p)/n}$$

$$\mathbf{LCS = 0.07875 + 3\sqrt{0.07875(1-0.07875)/160}$$

$$\mathbf{LCS = 0.125}$$

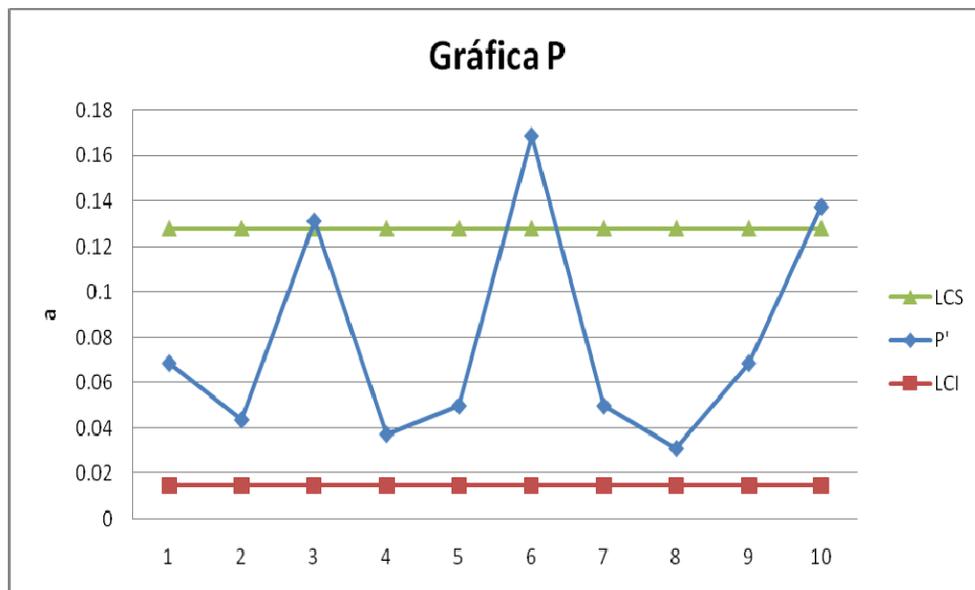
$$LCI_p = p - 3 \sqrt{p(1-p)/n}$$

$$\mathbf{LCI = 0.07875 - 3\sqrt{0.07875(1-0.07875)/160}$$

$$\mathbf{LCI = 0.0148685}$$

Con estos datos obtenidos, el siguiente paso es graficar, esto se lleva a cabo haciendo uso del programa Microsoft Excel, y el resultado es el siguiente.

Figura 12. Grafica P



Fuente: elaboración propia

El gráfico P, evidencia que existen muestras que están por encima del límite superior de calidad, este se observa en el punto 3, 6 y 11, por lo que se tiene que realizar una inspección más severa en los lotes de esponja con densidad de  $16 \text{ Kg/m}^3$  y en su proceso productivo, para determinar cuál es la causa esencial del problema y en base a ello tomar medidas de acción para mitigar dicho problema y así mejorar la calidad del producto.

Los métodos estadísticos ayudan a comprender los procesos, a controlarlos y luego a mejorarlos. El momento más indicado para mejorar un sistema es cuando se han eliminado las causas especiales y el proceso está bajo control estadístico. Pero la recolección de datos y elaboración de gráficos de control sólo son indicadores de cómo se encuentra el proceso de producción en la empresa y para mejorarla se deben realizar investigaciones y acciones correctivas para lograr elaborar esponja de poliuretano de calidad.

## **4.5 Pruebas a realizar en la esponja**

Para establecer un control adecuado de calidad en la esponja es indispensable analizar los diferentes aspectos que conciernen a la esponja, como lo son: densidad, temperatura, elongación, desgarré, comprensión y permeabilidad. Estas características se tomarán en cuenta en la inspección que se tiene que llevar a cabo luego de determinar el número total de planchas o laminas a verificar, que establecerá el plan de muestreo gracias a las tablas de la MIL STD 105D.

### **4.5.1 Pruebas de densidad**

La esponja de poliuretano tiene una característica distintiva en el mercado, esta se base en su densidad, ya que en el mercado de distribución, la esponja se maneja en base a características como precio y calidad, y estas son repercutidas en la densidad de la misma. En la empresa se manejan tres tipos de densidades, dentro de las cuales están 16, 18 y 21 Kg./m<sup>3</sup>.

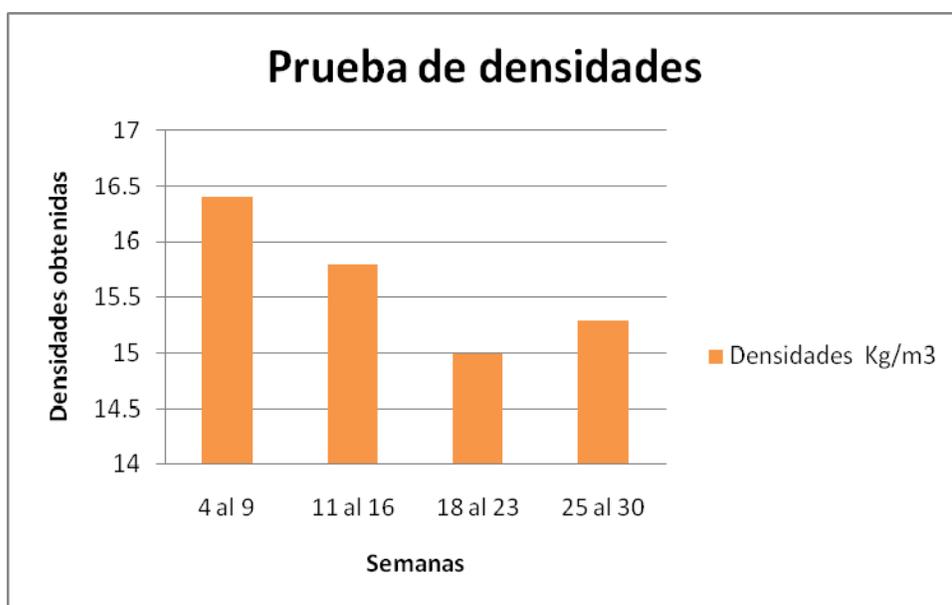
Para establecer el cálculo de la densidad en la esponja de poliuretano, se deben de seguir los siguientes pasos:

1. Pesar el bloque de esponja y así obtener el peso en kilogramos.
2. Medir el bloque para obtener su volumen, esto se obtiene al multiplicar su largo, ancho y grosor en metros cúbicos.
3. Finalmente se calcula la densidad, la cual se obtiene al dividir el peso entre el volumen, obteniendo así la densidad en Kg/m<sup>3</sup>.

Estas pruebas se llevan a cabo para establecer un adecuado control en la esponja, ya que cuando existe cierta tendencia de variación en la misma, significa que se está llevando a cabo una mala utilización de los químicos en el departamento de laboratorio, por lo tanto el bloque de esponja sale con ciertas imperfecciones.

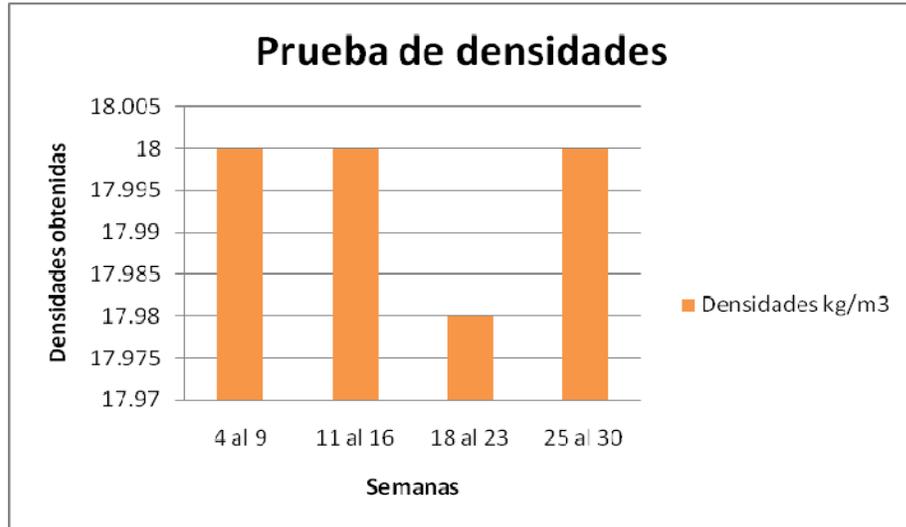
Con la ayuda de las hojas de verificación propuestas se llevo a cabo un control, en el cual se analizó durante el mes de julio del presente, sobre la esponja y en base a ello se tabularon datos y estos fueron los resultados obtenidos.

**Figura 13. Histogramas del control de densidad 16 Kg/m<sup>3</sup>**



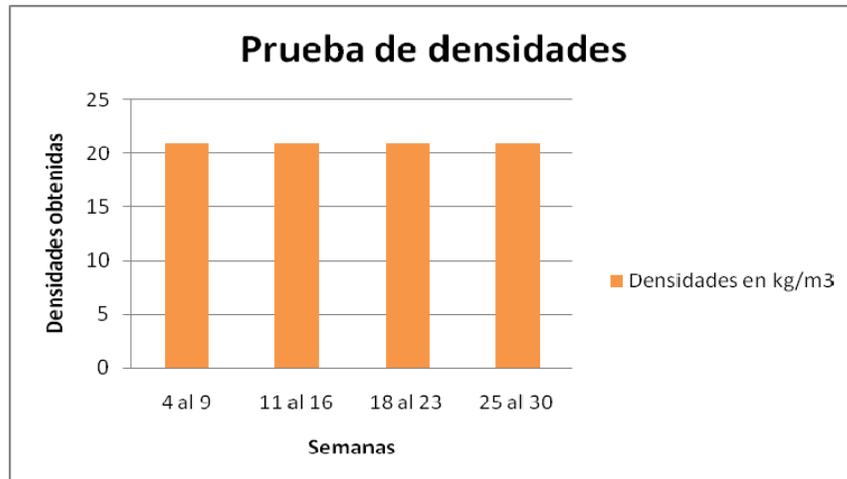
Fuente: elaboración propia

**Figura 14. Histogramas del control de densidad 18 Kg/m<sup>3</sup>**



Fuente: elaboración propia

**Figura 15. Histogramas del control de densidad 21 Kg/m<sup>3</sup>**



Fuente: elaboración propia

Como se puede observar a través de los histogramas generados a través del control mensual que se llevó a cabo en la empresa, sobre sus tres diferentes denominaciones de esponja que distribuye, los resultados fueron que los bloques con densidad  $16 \text{ Kg/m}^3$  son los que mayor variabilidad representan, por lo tanto se llevará a cabo un mejor control sobre el bloque de esta densidad.

#### **4.5.2 Pruebas de temperatura**

En el proceso de elaboración de esponja de poliuretano, específicamente cuando el bloque de esponja ha sido trasladado al área de curado, se tiene que tener un estricto control sobre el mismo, ya que este cuando está recién elaborado, por su proceso de espumado en caliente, el bloque se convierte muy sensible a la hora de manipularlo en su traslado, por lo que se tiene que tener mucho cuidado para ubicarlo en una área de curado, en esta área la temperatura hace un papel importante hacia este, ya que el bloque para que puede ser laminado tiene que estar totalmente frío.

La temperatura ideal para que el bloque de esponja permanezca en el área de curado debe estar entre los  $23^\circ\text{C}$  -  $26^\circ\text{C}$ . Las pruebas que se llevan a cabo en la empresa son con un termómetro digital y una termocupla de 60 centímetros, este último se utiliza para verificar, luego de dejar en reposo el bloque durante 24 horas, si está listo para ser laminado. Esta actividad la realiza el encargado de calidad, la cual consiste en insertar la aguja de la termocupla en la parte central del bloque, que es donde se genera la mayor temperatura. Esta se mantiene por un período mínimo de 1 hora de observación, ya que es en este período es donde se alcanza la temperatura máxima y se entra en la fase de enfriamiento o descenso de la temperatura. Luego de confirmarse que el bloque se encuentra listo para el siguiente proceso.

### **4.5.3 Pruebas de elongación**

La capacidad de elongación o resistencia a la tracción, es la carga que sufre la esponja antes de romperse, mientras más baja sea la densidad su resistencia a la tracción o elongación es menor.

La elongación es una característica de la esponja que se analiza, luego de que el plan de muestreo establece el número total de muestra que se tiene que analizar en un lote específico de esponja.

Esta prueba se lleva a cabo de manera manual en la empresa, realizando los siguientes pasos:

1. Seleccionar las láminas que establece el plan dentro del lote total, esto se hace al azar, para hacer de forma equitativo y que la muestra sea representativa dentro de todo el lote.
2. Luego se analiza las diferentes características, lámina por lámina.
3. La prueba de elongación consiste en tomar la lámina de esponja y doblarla exactamente a la mitad, haciendo presión con las palmas de la mano de la persona encargada de calidad e inclinando su cuerpo para proporcionar su peso durante un minuto. Si esta no se rompe pasa la prueba de elongación.

### **4.5.4 Pruebas de desgarre**

Esta característica va en función de la calidad de la esponja, es regida por la densidad. Una buena esponja debe tener suficiente resistencia al desgarre.

En este caso la esponja debe tener una buena resistencia al desgarre debido al proceso que es sometida.

El desgarre, como va en función de su densidad, muchas veces se observa a simple vista, ya que la esponja representa una serie de poros o agujeros visibles sobre la misma, y es por ello que se representan fisuras, las cuales después se constatan a la hora de realizar la prueba de permeabilidad.

Cuando sucede este acontecimiento, se informa al departamento de producción, específicamente en el laboratorio, de que no se está haciendo el uso correcto en los porcentajes de los químicos empleados para elaborar dicha esponja.

#### **4.5.5 Pruebas de compresión**

La resistencia a la compresión o dureza no es regida por la densidad, es independiente de ésta, esta característica se le da a la esponja a través de los aditivos en el proceso de espumado, es importante tomar en cuenta que al hacer más dura una esponja se pierden sus otras propiedades como su resistencia al desgarre, su elasticidad y plasticidad.

La dureza o resistencia a la compresión, es la capacidad de carga, y se mide a través de la indentación, ésta es la que se aplica en un sector o área específica, y la compresión es aplicada sobre la totalidad de la superficie. En este caso es utilizada la compresión.

Esta prueba consiste en colocar las palmas de la mano sobre la esponja y ejercer presión sobre la misma durante dos minutos y luego quitarlas, en ese momento en la lámina de esponja queda la huella de la palma de la mano, pero estas tendrán que desaparecer, si esto no sucede, se dice la esponja quedo dormida, término empleado en la empresa y por lo tanto la esponja no pasa la prueba de compresión, por lo que es rechazada.

## **Permeabilidad**

La permeabilidad es catalogada como excelente, muy buena, buena o mala. Ya que es determinada a través de soplar la superficie de la esponja y determinar la resistencia al paso del aire. A menor resistencia, excelente calidad o mejor porosidad, a más resistencia menor calidad o menor porosidad.

### **4.6 Prevención de los defectos**

Para establecer la prevención de los defectos en la esponja, la empresa debe realizar varias actividades; entre ellas se pueden mencionar la elaboración y revisión de las especificaciones, así como la planeación del sistema de control de calidad. Para establecer la prevención de los defectos o la no calidad es necesario instruir y capacitar al personal con respecto a la calidad, pues la empresa necesita una fuerza de trabajo que comprenda cómo utilizar los datos y la información para impulsar la mejora continua.

La prevención de los defectos en la esponja, es uno de los objetivos primordiales que tiene la empresa, y con ello lograr cero defectos, pero todo proceso o método de implantación, genera resultados, pero estos a un mediano o largo plazo, no se presenta a corto plazo, por lo que con la implantación del plan de muestreo y las hojas de verificación, se establecerá una base de datos, en los cuales se demostrarán cuáles son las causas asignables de los problemas en la esponja para luego analizar y establecer la raíz del problema y con ello realizar las medidas preventivas necesarias y con ello iniciar hacia la mejora continua de la empresa.

#### **4.7 Criterio de aceptación del producto**

Los criterios que se tienen que llevar a cabo para establecer la aceptación de un lote de producto terminado de esponja dependerá de los resultados que establezca el plan de muestreo simple a través de la MIL STD 105D. En el cual luego de establecer cuál será la muestra a inspeccionar, realizando las respectivas pruebas de densidad, temperatura, elongación, desgarre y compresión, la tabla de inspección reducida establecerá el Ac, que es el nivel de aceptación adecuado.

El criterio de aceptación en la esponja se base en dos aspectos, uno, que el plan de muestreo establece un parámetro del número total de unidades máximas permitidas de laminas defectuosas que podrán existir cuando se lleve a cabo la inspección; y dos, que en base a las pruebas que realice la persona encargada de calidad sobre las diferentes características de la esponja, se tomara el criterio para aceptar el lote total de esponja.

Con base al ejemplo antes mencionado, en el cual era de un lote de 640 (N) laminas de esponja, el plan establecía que para un lote de este tamaño se tiene que tomar una muestra de 80 (n) unidades para realizar las respectivas verificaciones sobre sus características de densidad, temperatura, elongación, desgarre y compresión, estas se analizan una por una y según establece el parámetro del plan con un AQL de 1% se aceptara el lote si existe 2 (Ac) o menos láminas defectuosas.

#### **4.8 Criterio de rechazo del producto**

El proceso que se lleva a cabo para establecer el criterio de rechazo de un lote de producto terminado es muy similar al de aceptación. Ya que el plan en base a las tablas de inspección normal indica el Re, que es el nivel de rechazo óptimo para el pedido.

En el ejemplo anterior la tabla nos indica que para el código de letra J, se tiene que tomar una muestra de 80 unidades (n) de planchas de esponja, del lote que 640 (N) , con un nivel AQL de 1% y bajo este plan la tabla indica un Re= 3, lo que indica que se rechaza el lote cuando se obtienen 3 o más planchas defectuosas.

Los criterios tanto de aceptación y rechazo de un lote determinado de esponja de poliuretano dependerán de los parámetros que indiquen las tablas MIL STD 105D que utiliza el plan de muestreo. A estos parámetros se les une los que determinara la persona encargada de verificar cada una de las láminas de esponja en cada una de sus características, haciendo esto un método seguro para garantizar a la empresa que distribuirá esponja de poliuretano de alta calidad.



## 5. MEJORA CONTINUA

La mejora continua es indispensable en toda organización, ya que con esta la organización logrará cumplir con los objetivos o metas establecidas por la alta dirección de una mejor manera.

El término de mejora continua, se conoce también con el nombre de filosofía *kaizen* la cual implica mejorar todas las áreas de una empresa, cabe mencionar que la primera y más importante preocupación de ésta filosofía es la calidad de las personas, ya que si se mejora la calidad de vida de las personas, se mejora la calidad de su trabajo. Para que este programa de mejora continua funcionara en la empresa se siguieron tres pasos:

1. Prácticas de operación, que para la empresa es la aplicación de todos los formatos propuestos y presentados en forma de tablas.
2. Participación total, la cual se logra, motivando a los trabajadores e inculcándoles una idea de que todos tienen que trabajar para el mismo rumbo.
3. Capacitación, siempre tiene que ser constante y periódica con cursos que brindan instituciones, con medios electrónicos que deben estar a la disposición del encargado de calidad y éste a su vez debe darlo a conocer a los demás empleados.

Por tanto, la empresa debe dotarse de los recursos humanos e informáticos capaces de poner en marcha métodos de análisis y grupos que se reúnan muy rápidamente para descubrir causas aleatorias o asignables cuya manifestación haya podido ser caracterizada en el proceso de elaboración de esponja.

## **5.1 Auditorías**

La auditoría es una herramienta muy importante que se tienen que llevar a cabo, tanto dentro, como fuera de la organización, ya que esta actividad se realiza con el objetivo de obtener un mejor control de calidad sobre la esponja que se distribuye en la empresa, estas auditorías se llevaran a cabo de forma periódica.

Las auditorías se llevaran a cabo con la ayuda de las hojas de verificación propuestas anteriormente, con el objetivo de detectar causas asignables que se den en la esponja de poliuretano, para luego mitigarlas de la mejor manera y con ello inducir al personal a la mejora continua siempre.

### **5.1.1 Internas**

La auditoría interna se realizará para analizar y establecer las condiciones en las que se está llevando a cabo las diferentes actividades del proceso productivo.

Establecer la mejora continua en la organización es esencial, y gracias a la auditoría se obtendrá un mejor control sobre el uso adecuado que se tiene que hacer sobre los diferentes productos: polyol, T.D.I., silicona, cloruro de metileno, catalizador, agua, agentes soplantes, aditivos y colorantes; materia prima que es esencial para la fabricación de esponja de poliuretano.

También se analizará todo el proceso que conlleva la elaboración de esponja, desde que inicia en el departamento del laboratorio con la mezcla de los químicos, área de curado, etapa de cuadrado del bloque, pintado de los monos, laminado y hasta que pasa a bodega de producto terminado.

Al establecer un adecuado control sobre las diferentes actividades, mediante la auditoría interna, la organización lograra una mayor credibilidad en el mercado, ya que se lograra elaborar un producto de alta calidad y con ello también el satisfacer las necesidades de sus consumidores.

### **5.1.2 Externas**

La auditoría externa es una actividad que se llevara a cabo con el objetivo de determinar cómo se encuentra posicionada la empresa en el mercado y hacer un análisis de comparación con las demás empresas dedicadas también a la elaboración de esponja de poliuretano.

También sirve para obtener información sobre lo que sucede con el producto que realiza la organización en el mercado, cuando este se encuentre en manos de los clientes, esto con el objetivo de verificar si se están cumpliendo con las especificaciones y requisitos de los mismos. Esto servirá de retroalimentación a la organización, ya que con la opinión de los clientes se pueden realizar mejoras al producto y con ello contribuir a la mejor continua.

## **5.2 Programa de monitoreo**

El monitoreo es una actividad que se llevara a cabo en la empresa con el objetivo de controlar y verificar que se esté llevando a cabo el uso de las diferentes tablas que establece el plan de muestreo.

Esto se tiene que llevar a cabo por medio de un programa de monitoreo, en el cual se establece cuando, como y que medio se tienen que utilizar para que el proceso de producción siga un rumbo de mejora continua y si se detecta anomalías, estas se tendrán que resolver de forma rápida y concreta, para que dicho problema no repercuta en gran consideración en la elaboración de esponja de poliuretano.

Este monitoreo se llevará a cabo de forma imprevista, ya que cuando se realizan visitas programas o mejor dicho que el personal operativo esta informado de esta, esos días tratan de utilizar las herramientas de la mejor manera posible y luego de que termina la visita, hacen caso omiso a las misma. Por lo tanto estas visitas se harán de forma inesperada en la empresa, para verificar que el personal operativo está haciendo uso del plan de muestreo implementado.

### **5.2.1 Inspecciones periódicas**

Se deberá realizar inspecciones en las esponjas, estas inspecciones se realizaran mediante las hojas de verificación, para lo cual se tomarán muestras representativas de la totalidad de láminas producidas durante una semana. El resultado de las inspecciones realizadas durante una semana serán registradas en las hojas propuesta para tabular los resultados y poder establecer la situación que se está representando en ese momento en el proceso productivo.

Es importante establecer el período más adecuado para la recopilación, elaboración de los gráficos de control y análisis de ellos para poder tomar decisiones a tiempo y así poder prevenir la ocurrencia de defectos en el producto fabricado, por lo tanto es recomendable realizar este proceso diariamente para poder realizar los ajustes necesarios, y presentar los resultados de los gráficos semanalmente conjuntamente con todas las correcciones y ajustes realizados en el transcurso de ésta para prevenir la no calidad.

Las inspecciones también se llevaran a cabo con el objetivo de verificar la correcta utilización del plan de muestreo y con ello determinar si el personal necesita capacitación más constante de la utilización de las mismas.

### **5.3 Interpretación del plan de muestreo**

Aceptar o rechazar un lote de producto terminado es una decisión muy importante que debe de tomar la persona encargada de calidad. Anteriormente se tomaba una decisión más empírica, ya que se llevaba a cabo a criterio del ojo de catador, como llamaban los empleados de la empresa, esta actividad consistía principalmente en tomar la decisión en base a la experiencia, ya que consideraban que llevar a cabo una inspección al 100 % era muy tedioso y menos exacto.

Con la implementación del plan de muestreo se tomaran criterios basados a un método específico y concreto que garantizara la adecuada distribución de esponja de buena calidad para la empresa.

## **5.4 Capacitación de personal**

El recurso humano es vital en la organización, ya que esta debe determinar y proporcionar los recursos necesarios para implementar y mantener el sistema de calidad y mejorar continuamente su eficacia y aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos.

El personal que realice trabajos que afecten a la conformidad con los requisitos del producto debe ser competente con base en la educación, formación y habilidades.

Con la implementación del plan de muestreo simple se necesita capacitar al personal, principalmente al de control de calidad, para que estos realicen las diferentes actividades haciendo uso del mismo, esta capacitación se llevara a cabo mediante un seminario, en el cual se detalla específicamente paso a paso el uso correcto y los criterios que se tomaran a cabo al inspeccionar los productos haciendo uso de las tablas del plan de muestreo y las hojas de verificación.

## **5.5 Evaluación de métodos propuestos**

La evaluación del plan de muestreo es muy importante, ya que por medio de esta se justificaran las actividades realizadas a la alta gerencia. Esta justificación se debe de realizar con argumentos firmes y concretos, también será de utilidad para suministrar información al personal operativo y así se pueda desempeñar un mejor papel en el desarrollo del sistema de control de calidad.

La evaluación se realizará a través de analizar los resultados generados luego de la implementación del plan de muestreo en la empresa, esto se analizará a través de las gráficas, las cuales se analizarán mes a mes luego de la implementación.

Al implementar el plan de muestreo se tomarán mejores medidas sobre los indicadores de las láminas de esponja defectuosas, con ello se evitará volver a recaer sobre los mismos errores y para mejorar continuamente. Las gráficas representarán una disminución sobre producto defectuoso y evidenciará que el método es el apropiado para la organización.

Otro indicador de evaluación del plan de muestreo será que la organización se asegurará de que el producto que no cumpla con los requisitos de calidad, se identifica y controla para prevenir su uso o entrega no intencionada. Con ello se evitarán reclamos o rechazos de láminas de esponja que no cumplan con los requisitos por parte de los clientes.

## **5.6 Verificación**

Esta se llevará a cabo por medio de las hojas de verificación que se propusieron en el capítulo tres. Con ellas se realizará la rutina respectiva de inspección, con el objetivo de obtener información, para luego tabularla y analizarla cuando surjan acontecimientos de productos no conformes y con ello tomar medidas preventivas.

## 5.7 Resultados

Con el estudio realizado y con la ayuda de la figura 12 de la gráfica **P** se estableció que en los lotes número tres, seis y once es donde se representa el mayor problema en el proceso de elaboración de esponja de poliuretano, ya que estos lotes sobrepasan el límite de control de calidad superior.

Con la implementación del plan de muestreo, para realizar una mejor alternativa sobre tomar una muestra representativa del lote número tres, seis y once, se constató que el problema provenía de la producción de esponja con densidad de  $16 \text{ Kg/m}^3$  y al hacer un análisis más profundo se determinó que el problema consistía en la mala mezcla de los químicos, por lo que también se llevó a cabo un control estadístico mensual sobre los productos con las densidades de 16, 18 y  $21 \text{ Kg/m}^3$ , acá también se vuelve a evidenciar que el mayor problema sobre productos no conformes se estaba dando con el de la densidad de  $16 \text{ Kg/m}^3$ .

Las hojas de verificación sirvieron de gran ayuda, ya que por medio de éstas se hizo una adecuada inspección sobre las láminas de esponjas, en las cuales se llevaron a cabo las pruebas de densidad, temperatura, elongación, desgarre, compresión.

Al analizar los diferentes procesos para determinar la causa principal del problema de los bloques, se estableció que este se generaba en el área del laboratorio, principalmente en los porcentajes de la mezcla de los diferentes químicos empleados en la máquina espumadora y por lo tanto, el resultado era un bloque que no cumplía con las densidades establecidas, esto se constataba cuando el bloque llegaba a la etapa de laminado.

## CONCLUSIONES

1. Mediante la implementación del plan de muestreo se estableció parámetros y criterios de aceptación en el proceso de elaborar esponja de poliuretano. Estos parámetros los establece las tablas IV Letras de códigos para MIL STD 105D y la tabla V maestra para inspección normal (muestreo simple) MIL STD 105D, mostradas en el capítulo tres, con base en la cantidad de láminas de esponja a inspeccionar en sus diferentes características que establezca un lote determinado.
2. Los procedimientos que se llevan a cabo para producir la esponja de poliuretano en la empresa, se dividen en diferentes áreas y etapas, dentro de las cuales están: el área de laboratorio, área de curado, etapa de cuadrado del bloque, área de pintado de monos, etapa de laminado de monos y finalmente el área de empaquetado de esponja.
3. Debido al análisis del proceso y de la situación actual, se consideró que en el departamento de calidad era necesario llevar a cabo la implementación del plan de muestreo, debido a que la empresa tenía criterio empírico para aceptar o rechazar el producto terminado.

4. Para establecer un buen control sobre la esponja se implementó un plan de muestreo, éste se llevo a cabo mediante las tablas de la militar estándar 105 D.
5. Las hojas de verificación son una herramienta esencial en el análisis del proceso de producción de la esponja, ya que con estas se realizaron las inspecciones necesarias para verificar el producto.
6. Haciendo uso de las tablas de la militar estándar 105 D, se establecieron parámetros y criterio para aceptar o rechazar lotes de productos terminados de forma científica y concreta.
7. Los procedimientos para realizar las pruebas de calidad en la esponja, se llevaron a cabo con las hojas de verificación, con las cuales se realizaron las pruebas respectivas de elongación, desgarre, compresión, temperatura y densidad.
8. Para poder establecer la calidad total en la organización se requiere del esfuerzo de todos los integrantes de la misma, por lo que fue necesario realizar capacitaciones, para que ellos se sintieran parte esencial en la empresa y con ello contribuir para la toma de decisiones y con ello establecer la mejora continua.

## RECOMENDACIONES

1. El proceso de producción de esponja tiene un grado de dificultad elevado, debido a que muchas causas pueden afectar notablemente la calidad del producto, por lo tanto, éste debe analizarse frecuentemente para poder optimizar los recursos.
2. Analizar el proceso de laminado de los bloques, puesto que en éste es donde se pueden registrar los datos necesarios para determinar la calidad del producto, y obtener la información necesaria para mejorar continuamente.
3. Las gráficas de control son un indicador esencial en el proceso de producción de esponja de poliuretano, ya que éstas indican dónde se genera el mayor problema, y con base en ello el problema se analiza con más profundidad, para poder determinar la solución y evitar que el producto continúe produciéndose con defectos.
4. La gerencia de producción debe estar consciente que obtener la información necesaria para tomar medidas correctivas, no es suficiente, se debe tomar en cuenta la creación de un clima motivacional hacia la calidad y velar porque éste se mantenga, en todos los niveles.

5. El personal encargado de calidad de la esponja tiene que estar bien capacitado para que hagan el uso correcto de las tablas militar estándar 105D que se emplean en el plan de muestreo y con ello tomar criterios con base en datos estadísticos y concretos para aceptar o rechazar un lote de producto terminado.
  
6. Todas las acciones tomadas para la implementación del sistema de control de calidad, deben tener en cuenta que para mejorar la calidad del producto se debe trabajar con calidad óptima en toda la organización.
  
7. Debido a su naturaleza, el ser humano desarrolla una resistencia al cambio, por lo tanto, es importante involucrar al personal en la introducción del sistema de control de calidad, así, el personal se forma gradualmente despertando su interés en la calidad.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Gutiérrez Pulido, Humberto. **Calidad total y productividad.** México: Segunda Edición, McGraw- Hill, 2002. 350, 352, 368, 371, 372 pp.
2. Duncan. **Control estadístico de calidad.** México: Editorial Alfa y Omega, 1996.
3. Evans, James R. **Administración y control de la calidad.** México: Editores Internacional Thomson, 2000, 785 pp.
4. Harrington, H. James. **¿Cómo incrementar la calidad con productividad?.** México: McGraw-Hill, 1990. 243 pp.
5. Hopeman, Richard. **Administración de producción y operaciones.** México: Editorial Continental, 1986. 662 pp.
6. James, Paul. **Gestión de la calidad total.** Madrid: Prentice Hall, 1997. 323 pp.
7. Jurán, J. M., **Jurán y la planificación para la calidad.** Madrid: Ediciones Díaz Santos, S.A., 1990. 299 pp.
8. Lieberman, Gerald J. **Estadística para ingenieros.** México: Editorial Prentice Hall. 2001. 250 pp.
9. Montgomery. **Control estadístico de calidad.** México: Grupo Editorial Iberoamericano, 1999. 175 pp.



## ANEXOS

A continuación se presenta las tablas de inspección que se utilizarán cuando exista una regla de cambio, el cual podría ser de una inspección normal a una inspección severa y el de una inspección normal a reducida.

**Tabla VII. Inspección severa MIL STD 105D**

**TABLA 1B.7. Tabla para inspección severa: Muestreo simple (inc. std. 105D).**

Letra código para el tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra n	Nivel de calidad aceptable (i.e.a. o a.p.q.), en porcentaje																			
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	
A	2	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
B	3	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
C	5	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
D	8	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
E	13	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
F	20	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
G	32	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
H	50	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
J	80	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
K	125	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
L	200	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
M	315	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
N	500	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
P	800	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
Q	1 250	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
R	2 000	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
S	3 150	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re

Indicaciones: Si en la intersección del renglón (letra código) y de la columna (i.e.a.) se encuentra una flecha en lugar de los números de aceptación (Ac) y de rechazo (Re), entonces sígase la dirección de la flecha y use el primer plan que esté después de la flecha. Por ejemplo suponga que la letra código para un caso particular es H por lo que el tamaño de muestra asociado a esta letra es n = 50, y si el i.e.a. = 0.1%, entonces en la intersección correspondiente se encuentra una flecha con dirección hacia abajo; al seguiría el primer plan que se encuentra es Ac = 0, Re = 1, y el tamaño de muestra a usar es n = 200.

Tabla VIII. Inspección reducida MIL STD 105D

Tabla 18.8. Tabla para inspección reducida: Muestreo simple (MIL STD 105D).

Letra código para el tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra n	Nivel de calidad aceptable (NCA o AQL), en porcentaje																		
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400
A	2	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
B	2	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
C	2	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
D	3	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
E	5	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
F	8	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
G	13	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
H	20	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
J	32	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
K	50	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
L	80	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
M	125	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
N	200	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
P	315	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
Q	500	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
R	800	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→

Indicaciones: Si en la intersección del renglón (letra código) y de la columna (NCA) se encuentra una flecha en lugar de los números de aceptación (Ac) y de rechazo (Re), entonces siga la dirección de la flecha y use el primer plan que esté después de la flecha. Por ejemplo suponga que la letra código para un nivel de calidad es H por lo que el tamaño de muestra asociado a esta letra es n = 20, y si el NCA = 0.1%, entonces en la intersección correspondiente se encuentra una flecha que apunta hacia abajo al renglón, el primer plan que se encuentra es Ac = 0, Re = 1, y el tamaño de muestra a usar es n = 50.