

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
ALMACENAMIENTO, CONTROL Y MANEJO DE MATERIAS PRIMAS,  
EN UNA PLANTA PROCESADORA DE CAUCHO O HULE NATURAL.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA  
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR:

**ALEJANDRO ANTONIO PERAZA PAIZ**  
ASESORADO POR EL ING. RENALDO GIRÓN ALVARADO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, JULIO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



### NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	Agr. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

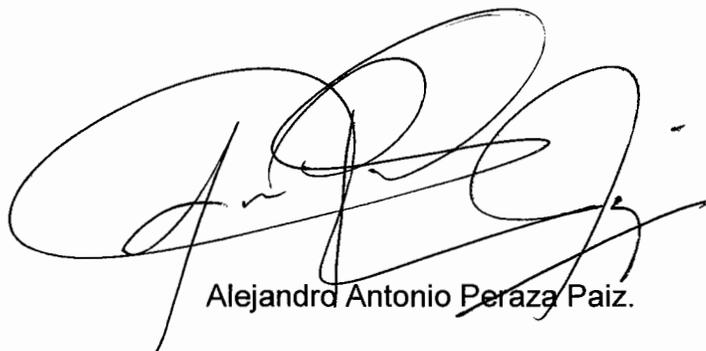
DECANO	Ing. Sidney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Jose Rolando Chávez Salazar
EXAMINADOR	Ing. César Leonel Ovalle Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Akú Castillo
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

**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:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
ALMACENAMIENTO, CONTROL Y MANEJO DE MATERIAS PRIMAS,  
EN UNA PLANTA PROCESADORA DE CAUCHO O HULE NATURAL,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha de 30 de octubre de 2008.



Alejandro Antonio Peraza Paiz.

Guatemala, 04 de mayo de 2010

Ingeniero César Ernesto Urquizú Rodas  
Director de Escuela  
Ingeniería Mecánica Industrial

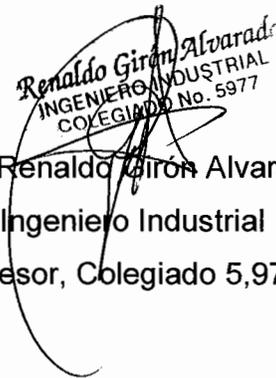
Ingeniero Urquizú:

1. Respetuosamente me dirijo a usted con el propósito de informarle que he procedido a la revisión del trabajo de graduación titulado "**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO, CONTROL Y MANEJO DE MATERIAS PRIMAS EN UNA PLANTA PROCESADORA DE CAUCHO O HULE NATURAL**".

Presentado por la estudiante **Alejandro Antonio Peraza Paiz** quien se identifica con carné No. 1999-10837 y después de haber 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 el trabajo de graduación se ha elaborado conforme lo planificado, en tal virtud me permito recomendar su aprobación, y darse los trámites correspondientes.

Atentamente,

  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO No. 5977  
Ing. Renaldo Giron Alvarado  
Ingeniero Industrial  
Asesor, Colegiado 5,977



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO, CONTROL Y MANEJO DE MATERIAS PRIMAS EN UNA PLANTA PROCESADORA DE CAUCHO O HULE NATURAL**, presentado por el estudiante universitario **Alejandro Antonio Peraza Paiz**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ingeniero Industrial

*Luis Gerardo González Castañeda*

Colegiado No. 7814

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

Guatemala, junio de 2010.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO, CONTROL Y MANEJO DE MATERIAS PRIMAS, EN UNA PLANTA PROCESADORA DE CAUCHO O HULE NATURAL**, presentado por el estudiante universitario **Alejandro Antonio Peraza Paiz**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

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



Guatemala, julio de 2010.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de *conocer* la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO, CONTROL Y MANEJO DE MATERIAS PRIMAS, EN UNA PLANTA PROCESADORA DE CAUCHO O HULE NATURAL**, presentado por el estudiante universitario **Alejandro Antonio Peraza Paiz**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, julio de 2010



/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

**DIOS**

Por ser el motor de mi vida y lo primero para mí. Por llenar mi vida de dicha y bendiciones.

**MIS PADRES**  
**Eugenia y Marco Antonio**

Por su amor incondicional en todo momento, comprensión y apoyo sin medida. Gracias por todo lo que soy. Los amo!

**MIS HERMANOS:**  
**Andrea y Mario**

Por su apoyo y cariño que siempre me han acompañado. Sé que cuento con ellos siempre.

**A MI SOBRINA**  
**María Fernanda**

Por ser inspiración y alegría de mi vida

**MI NOVIA**  
**María Alejandra**

Por su apoyo y ayuda siempre y sin condiciones, y por ser la mujer de mi vida, también te amo mi vida.

**MI TÍA:**  
**Ernestina**

Por apoyarme y estar siempre conmigo en las buenas y malas.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE**  
**GUATEMALA**

Mi casa de estudios en donde pasé los mejores años de mi vida, la cual llevo con orgullo y represento dignamente

**MIS AMIGOS:**  
**En especial a Hugo, Carol y Byron**

Apoyo que Dios ha puesto en mi vida. Por su confianza, lealtad y cariño

**MI JEFE:**  
**don Maco**

Por su ejemplo, sabios consejos y apoyo

**MI PAÍS**

Porque espera lo mejor de mí y estoy comprometido con dárselo

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **DIOS**

Por iluminarme, bendecirme y guiarme en mi camino así como en todos los momentos de mi vida.

### **LA SANTÍSIMA VIRGEN MARÍA**

Por acompañarme, protegerme e interceder por mí siempre en todos los momentos de mi vida.

### **El ingeniero**

Renaldo Girón Alvarado

Por su paciencia, sus consejos, sus conocimientos, su apoyo y la ayuda que me brindó en todo momento.

### **Mis amigos en general, a mis compañeros de estudio y de trabajo**

Que de una u otra manera colaboraron conmigo, ya que sin su apoyo no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	VII
<b>GLOSARIO</b>	XI
<b>RESUMEN</b>	XVII
<b>OBJETIVOS</b>	XXI
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XXIII

## **1. ANTECEDENTES GENERALES**

1.1. Historia de la planta procesadora de caucho	1
1.1.1. Ubicación de la planta procesadora de caucho	2
1.2. Administración de la planta procesadora de caucho	2
1.2.1. Organización	2
1.2.2. Visión	3
1.2.3. Misión	4
1.3. Origen del caucho o hule natural	4
1.3.1. Hevea Brasilensis, cultivo y sistema de recolección	4
1.3.2. Química del hule natural	6
1.3.3. Calidades primarias y secundarias de materias primas	7
1.3.4. Propiedades físicas del hule natural	12
1.3.5. Determinación de DRC de la materia prima	15
1.3.6. Cauchos o hules natural técnicamente especificados	15
1.4. Proceso de beneficiado del hule natural	16
1.4.1. Selección de las materias primas	17
1.4.2. Reducción de tamaño	17

1.4.3. Limpieza	19
1.4.4. Secado	20
1.4.5. Empaque	20
<b>2. EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b>	
2.1. Principales problemas o debilidades identificados en el proceso de beneficiado actual.	21
2.1.1. Manejo actual de la materia prima	23
2.1.2. Gestión de las variables críticas del proceso	24
2.1.3. Principales problemas de calidad actuales	25
2.2. Diagrama de flujo de operaciones del proceso actual	27
2.3. Lay out actual de patios de recepción de materia prima	29
2.4. Indicadores de productividad	29
2.5. Evaluación o diagnóstico de la situación actual	35
<b>3. SISTEMA DE GESTIÓN O MANEJO DE MATERIA PRIMA PROPUESTO</b>	
3.1. Definición de calidades de la materia prima	38
3.1.1. Por su origen o forma de recolección	39
3.1.2. Por sus valores de propiedades físicas	40
3.1.3. Por su grado de contaminación	41
3.2. Clasificación de fincas proveedoras de materia prima de acuerdo a valores de propiedades físicas	42
3.2.1. Fincas clase A	42
3.2.2. Fincas clase B	43
3.2.3. Fincas clase C	44

3.2.4. Fincas clase D	44
3.3. Clasificación de la materia prima de acuerdo a su contenido de humedad	45
3.3.1. Materia prima seca	47
3.3.2. Materia prima semiseca	48
3.3.3. Materia prima fresca	48
3.4. Método de segregación de materias primas	48
3.4.1. Descripción del método	49
3.4.2. Identificación de bodegas	53
3.4.3. Lay out propuesto para localización de bodegas de materia prima	54
3.5. Requerimientos del cliente por tipo de hule	55
3.5.1. Especificaciones internacionales de los cauchos técnicamente especificados	55
3.5.2. Aplicaciones de los diferentes tipos de cauchos	57
3.5.3. Definición de la política de mezclas por tipo de producto	58
3.5.3.1. Trazabilidad de la materia prima	58
3.5.3.2. Validación de la política de mezcla a través de resultados de laboratorio de producto terminado	59
3.5.3.3. Procedimiento de homogenización de la materia prima	60
3.5.4. Trazabilidad de las fincas proveedoras de materia prima	60

<b>4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO</b>	
4.1. Control de cantidad por tipo de materia prima	64
4.1.1. Según política de mezcla	64
4.2. Programa de mezclas de materia prima	67
4.2.1. Programa de producción	67
4.2.2. Planificación de mezclas	68
4.2.3. Comunicación y aseguramiento del cumplimiento del programa	69
4.2.4. Sistemas de control de mezclas	69
4.3. Sistema de información	70
4.3.1. Sistema de inspección de la materia prima	70
4.3.2. Control de inventarios de materia prima por bodegas de materia prima	71
4.3.3. Bodegas de mezclas	72
<b>5. EVALUACIÓN Y CONTROL DEL MODELO PROPUESTO</b>	
5.1. Evaluación y control	75
5.1.1. Evaluación del desempeño del sistema	75
5.1.2. Control del sistema	77
5.2. Análisis de resultados	77
5.2.1. Retroalimentación a los involucrados	78
5.2.2. Análisis de causas para atacar las desviaciones	78
5.2.3. Planes de acción y compromisos para la mejora continua	79
5.3. Impacto en el costo	79
5.3.1. Reducción del costo de calidad	79
5.3.2. Rentabilidad	80

5.3.3. Satisfacción del cliente	80
5.4. Técnicas de mejora continua	80
5.4.1. Planear	81
5.4.2. Hacer	81
5.4.3. Verificar	82
5.4.4. Actuar	82
5.5. Retroalimentación a fincas proveedoras	83
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>85</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>89</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>91</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Organigrama de la empresa	3
2. Chipa de primera	9
3. Chipa de segunda	10
4. Hilacha	11
5. Coágulos de finca	12
6. Slab cuter	18
7. Prebreaker	18
8. Extruder	19
9. Flujo actual de recepción de materia prima	24
10. Diagrama de flujo de operaciones del proceso de recepción actual de materia prima en la planta procesadora de caucho	28
11. Lay out actual	29
12. Volumen de producción 2007	31
13. Cumplimiento del programa de producción 2007	32
14. Producto no conforme año 2007	33
15. Producto reclasificado año 2007	34
16. Producto reprocesado año 2007	35
17. Proceso de movimiento de materia prima desde su separación y liberación, hasta su mezcla y uso en la producción	52
18. Flujograma propuesto para recepción y separación de materia prima	53

19. Distribución de espacios para bodegas y mezclas de materia prima (Lay out propuesto)	54
20. Especificaciones del caucho según la norma ISO 2000 – 1978	56
21. Especificación de los cauchos compactos de Malasia (SMR)	57
22. Gráfica de porcentaje de producto no conforme año 2008	77

## TABLAS

I.	Composición química del caucho natural	7
II.	Volumen de producción y velocidad del proceso (TM/H)	31
III.	Cantidad en Kg a detalle de producto no conforme año 2007 y enero 2008	37
IV.	Criterios de contaminación de materia prima	42
V.	Método propuesto de clasificación de materia prima.	45
VI.	Clasificación de la materia prima según frescura de la misma	46
VII.	Porcentaje de cantidad para mezcla por bodega de materia prima según producto a procesarse.	51
VIII.	Cantidad de producto no conforme total año 2007 y mensual año 2008	76



## GLOSARIO

**a.C.**

Antes de Cristo

**Balata y la gutapercha**

La gutapercha y la balata son la resina natural de un árbol.

Insoluble en agua con características similares al hule.

**Chipa**

Es el resultado de la coagulación deliberada y espontánea del hule natural.

**Cis y estéreoregularidad**

Configuración de las moléculas del hule, que es 100% cis en el hule natural a diferencia de moléculas de otros polímeros.

**Coágulo de finca**

Es un tipo de coagulación deliberada y realizada en las fincas o plantaciones de caucho.

<b>Consistómetro de cizalladura</b>	Equipo de laboratorio utilizado para medir la consistencia o plasticidad inicial (Po) del hule natural.
<b>Clon</b>	Denominación de los tipos de árboles de hule que nacen a raíz de la mejora de la especie para hacerlos más productivos
<b>daN,</b>	Unidad de fuerza llamada también decaNewton y equivale a 10 Newtons.
<b>DRC</b>	Por sus siglas en inglés Dry Rubber Content que significa contenido de hule seco. Se refiere al % de hule contenido en la materia prima.
<b>DRCs</b>	Plural de DRC
<b>Estado de miga</b>	Estado que se logra después de la extrusión en el proceso de producción (tercer corte,

corte fino)

**Finca proveedora**

Plantaciones de hule natural que entregan la materia prima en la planta procesadora

**Grupos isoprenos (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>)**

Es un líquido incoloro altamente inflamable y principal compuesto que da origen al hule natural

**Hevea Brasilensis**

Es el nombre de la variedad del árbol de hule natural sembrado en Guatemala.

**Heveicultores**

Propietarios de plantaciones de hule o cultivadores de hule natural

**Hilacha**

Son finas cintas de caucho resultado del látex que se seca sobre el corte que se hace en el panel de pica.

**Lay out**

Trazo de la distribución

**Permeabilidad**

Es la capacidad de un material para que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna.

**Ph**

Mide la acidez o la alcalinidad de los compuestos, el ph es de 0 a 14, de 0 a 7 se consideran ácidos, el ph de 7 es neutro o básico y los superiores de 7 hasta 14 son alcalinos

**Pica**

Es la acción de rasgado del árbol de hule natural para extraer su látex

**Plantación**

Se refiere a un lugar donde se encuentra sembrada una o más variedades de caucho natural para la explotación del mismo.

**Po**

Plasticidad inicial del hule.

**Pv**

Prueba estándar de envejecimiento de la muestra

del hule.

**Rechequeo**

Se le denomina así a un segundo chequeo o análisis de laboratorio para determinar un valor específico de propiedades físicas

**Setear**

Establecer la configuración específica de una máquina o proceso. Ejemplo: temperatura inicial de secado: 130° C

**SMR**

Por sus siglas en inglés Standar Malasya Rubber que significa hule estándar de Malasia. Modelo vigente en Malasia con que se identifica al hule natural producido en ese país.

**Sustancias alcalinas**

Son aquellas utilizadas para neutralizar la acción de un ácido. Con respecto a la coagulación del hule se utilizan sustancias alcalinas para

retardar o evitar la misma.

**TM/H**

Tonelada métrica por hora

## RESUMEN

La empresa fue fundada en 1969 por un grupo de 12 Socios Accionistas. Todos agricultores heveicultores, con la necesidad de empezar a explotar árboles de Caucho o Hule Natural *Hevea Brasiliensis*, sembrados como cultivo de diversificación durante los años cincuenta. Por la imposibilidad de procesar y comercializar individualmente el producto extraído de los árboles surge la procesadora de caucho o hule natural como una alternativa que unifica esfuerzos, para procesar y comercializar la producción de las plantaciones existentes en Guatemala.

Debido a la búsqueda de la mejora en los procesos productivos de la planta procesadora se da la necesidad de definir un método que ayude a reducir o eliminar los problemas de calidad del proceso de producción de caucho natural. Esto lleva a realizar un análisis de la situación de la empresa y se ve que no existe un manejo completo de las variables críticas que definen el proceso de producción, más que los controles normales y rutinarios que llevan los supervisores de producción durante el proceso producción, estos se refieren a la temperatura y los tiempos de secado, ya que son los únicos controles establecidos. Además vemos que para que el proceso de producción sea estable y uniforme en la parte del secado, es necesario trabajar en las propiedades físicas del caucho procesado que son las que determinan la calidad del mismo.

Las propiedades físicas del caucho o hule natural, son varias y estas son las que le dan específicas funciones en sí a los hules técnicamente especificados para los usos en la industria de determinados productos

terminados, ya que según el proceso y las especificaciones que tienen los productos, los clientes de la procesadora requieren determinados valores en el hule natural que adquieren como materias primas. Los valores de estas características proveen información importante al manufacturero, ya que a estas se basa la medida en que caracterizan bien la aptitud para la plastificación y el mezclado, por medio de lo que también se puede medir la cantidad de energía que será necesaria en cada uno de los procesos productivos del consumidor final de la materia prima provista por la planta procesadora. Las propiedades físicas del caucho vienen establecidas desde su origen en la materia prima que la procesadora compra a cada plantación de hule natural.

Lo anterior hace necesario el diseño e implementación de un sistema de gestión para la separación, control y manejo de las materias primas para reducir las no conformidades del proceso de producción y a través de esto buscar el aumento en la productividad de la planta procesadora. Estas no conformidades se dan por el producto que no cumple con las propiedades físicas del hule natural.

El sistema se basa en la separación de la materia prima por sus propiedades físicas de Po y PRI debido a que estas propiedades físicas fueron las que a lo largo del año 2007 y enero del 2008 dieron mayor problema para la producción de producto no conforme, ya que el 31.04% fueron por valores de Po y el 38.29% fueron por valores de PRI fuera de especificación, y en total las no conformidades por Po y PRI representaron el 69.34% del total de producto no conforme. Realmente es necesario definir un criterio para la recepción de materias primas que asegure que la materia prima se evalúe, se separe y almacene según sus propiedades físicas a la hora de su ingreso a la planta. Si bien es cierto que cada finca proveedora posee características físicas distintas,

también es cierto que existen similitudes entre algunas fincas por lo que se puede clasificar dichas materias primas por grupos de fincas que tengan características similares. Es tal la importancia de una buena separación al momento de la recepción y almacenaje en planta, que se debe de definir una clasificación interna de materia prima según las propiedades físicas de cada una de las fincas proveedoras, limpieza o grado de contaminación y por tipo de materia prima (calidades primarias y secundarias) por su origen o forma de recolección. Esta separación se debe realizar en base a un criterio que permita los resultados deseados con respecto a la disminución del producto terminado no conforme al final del proceso. A esta clasificación de la materia prima se le llama clase, y se tiene que identificar las fincas proveedoras según su clase en A, B, C o D. Con la materia prima separada y almacenada en los patios se debe de tener un inventario que evidencie la cantidad por cada tipo de materia prima para realizar un programa de mezclas controladas según porcentajes preestablecidos que aseguren el cumplimiento de las especificaciones del producto terminado a programarse.

Todo esto con el fin de mejorar la productividad a través de la reducción del producto no conforme. Estos resultados se ven al comparar un año 2007 con un total de 2.26% total de producto no conforme, comparado con la considerable reducción que se tuvo en el primer año de implementación del sistema a tan sólo 0.53% en el 2008.



## **OBJETIVOS**

### **GENERAL:**

Diseñar e implementar un sistema de almacenamiento, control y manejo de materias primas en una planta procesadora de caucho o hule natural, para incrementar la productividad de la operación.

### **ESPECÍFICOS:**

1. Diseñar un plan que permita mantener el control de la separación, manejo y consumo de la materia prima, para fabricar caucho o hule natural técnicamente especificado.
2. Implementar el plan de control de la materia prima, para obtener un proceso dentro de control.
3. Disminuir las variables a controlar en el proceso de secado del hule, y con ésto reducir la posibilidad de obtener un producto no conforme o reclasificado.
4. Lograr ofrecer productos personalizados para clientes especiales a través del conocimiento de las materias primas y con ello lograr diferenciación en el producto terminado.

5. Reducir el costo de calidad de la planta procesadora de caucho o hule natural.
6. Lograr segregar a los proveedores de materias primas por la calidad de las propiedades físicas de la misma
7. Ayudar a trabajar con la mejora de las calidades de la materia prima a través de identificar y segregar las fincas con valores bajos de PO y PRI

## INTRODUCCIÓN

En la industria de artículos o productos terminados que utilizan como una de sus principales materias primas el caucho o hule natural, es importante cumplir con estándares internacionales de propiedades físicas de dicho material, lo cual garantizará el desempeño óptimo de dichos productos en servicio. Dichas características o propiedades del hule natural, están determinadas por la calidad de las materias primas, ya que estas deben de cumplir con propiedades físicas como plasticidad inicial (PO), viscosidad Mooney, índice de retención de plasticidad (PRI), contenido de suciedad, contenido de cenizas, contenido de nitrógeno, materiales y materiales extraños, las cuales en conjunto y con la interrelación de las mismas darán diferentes tipos de producto según como estas se combinen.

Es muy compleja la forma de comportamiento que tiene la materia prima para producir caucho o hule natural, ya que esta es variable dependiendo de la región donde esta se recolecte, el tipo de clon sembrado en las distintas fincas, la mezcla de dichos clones, el método de recolección y coagulación del látex, la frecuencia de pica del árbol, etc., lo cual provoca que la materia prima adquiera las distintas propiedades iniciales, pero en proporciones diferentes y variadas, esto causa una variabilidad marcada en el proceso de secado del hule o caucho natural.

Es importante controlar las propiedades de la materia prima desde un inicio ya que después de que esta se ingresa al proceso de producción difícilmente será controlado el comportamiento de las principales propiedades PRI, PO y viscosidad ya que estas van variando según como se manejan las

variables críticas del proceso, como lo son el tiempo de secado, la temperatura de los quemadores de la secadora y el nivel de llenado de las cajas con la miga de hule.

# **1. ANTECEDENTES GENERALES**

## **1.1. Historia de la planta procesadora de caucho o hule natural**

La empresa fue fundada en 1969 por un grupo de 12 Socios Accionistas. Todos agricultores heveicultores, con la necesidad de empezar a explotar árboles de Caucho o Hule Natural *Hevea Brasiliensis*, sembrados como cultivo de diversificación durante los años cincuenta.

Ante la imposibilidad de procesar y comercializar individualmente el producto extraído de los árboles, surge la procesadora de caucho o hule natural como una alternativa que unifica esfuerzos, para procesar y comercializar la producción de las plantaciones existentes en Guatemala.

Con base en el estudio que para el efecto se hizo, en relación con técnicas de procesamiento y maquinaria industrial existente en países como Alemania, Francia e Inglaterra, se tomó la decisión de comprar en Inglaterra e importar a Guatemala la primera maquinaria industrial para procesar caucho o hule natural técnicamente especificado, conforme al modelo SMR vigente en Malasia durante el año 1969.

Los trabajos de instalación estuvieron a cargo de un ingeniero Inglés y la maquinaria industrial quedó totalmente instalada el 19 de octubre de 1970.

La empresa procesadora permanentemente actualiza su tecnología y desarrolla con éxito cauchos o hules naturales técnicamente especificados y látex de caucho o hule natural, con calidad mundial, a la medida de las necesidades y requerimientos de cada uno de sus clientes.

Cerca de 300 plantaciones de caucho o hule natural entregan cada año en la procesadora más de 16 millones de kilogramos DRC de caucho o hule natural de campo. La empresa ocupa en sus procesos de administración y operación a más de 200 personas.

En América Latina, Guatemala es el país productor y exportador más grande de caucho o hule natural técnicamente especificado y látex de caucho o hule natural, la planta procesa y comercializa más del 50% de la producción nacional.

### **1.1.1. Ubicación de la planta procesadora de caucho**

La planta industrial procesadora de caucho o hule natural queda ubicada estratégicamente en la Costa Sur del país para la recepción de materias primas, en donde procesa, empaca, almacena y despacha caucho o hule natural técnicamente especificado y/o látex de caucho o hule natural centrifugado y concentrado, como productos terminados.

## **1.2. Administración de la planta procesadora de caucho**

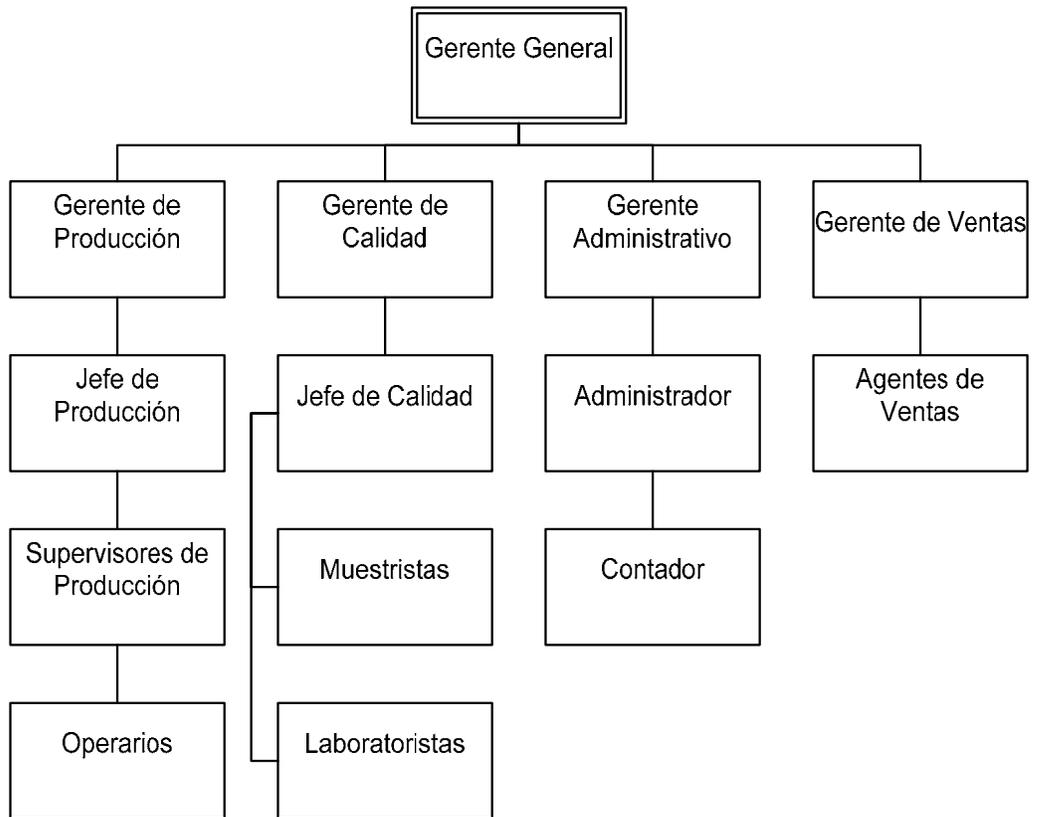
La administración de la planta está organizada estratégicamente de manera que se pueda cumplir con la misión y visión de la misma, a continuación se explica cómo está estructurada la organización.

### **1.2.1. Organización**

La empresa es propiedad de varios accionistas quienes están representados por el consejo de administración; luego está el gerente general a cargo de la administración y operación de la organización completa, quien a su vez se apoya en las diferentes gerencias de proceso para realizar todas las actividades administrativas y operacionales de la

misma, cada proceso está integrado por jefaturas, supervisores de procesos y operarios, tal y como se muestra en la figura 1.

**Figura 1. Organigrama de la empresa**



**Fuente: Propiedad de la empresa**

### **1.2.2. Visión**

La procesadora de caucho o hule natural en el Siglo XXI continuará siendo la empresa procesadora y comercializadora de caucho natural, preferida por los heveicultores de Guatemala y por los fabricantes de productos terminados que utilizan sus cauchos naturales en el mundo.

### **1.2.3. Misión**

Ser en Guatemala la organización líder en procesar y comercializar caucho natural de calidad mundial, con la filosofía de la calidad total y protección del medio ambiente natural.

### **1.3. Origen del caucho o hule natural**

Las civilizaciones precolombinas conocían el caucho natural. Los arqueólogos señalan el año 1700 a.C. como la fecha de la aparición de los primeros Olmecas, indígenas mesoamericanos descubridores del látex, producto natural del cual se obtiene el caucho. Las excavaciones arqueológicas en Chichén Itzá, en México, han permitido descubrir objetos de caucho que acompañaban a las víctimas de sacrificios humanos. En ciertos manuscritos precolombinos se han encontrado representaciones mostrando la importancia del caucho, el cual era objeto de ofrendas divinas. El juego ritual de pelota, con dos equipos que disputaban una pelota de caucho, valiéndose de los codos, rodillas y demás articulaciones es muestra de la importancia que tenía el caucho en las civilizaciones precolombinas debido a su rico y significativo simbolismo.

El cultivo del caucho natural cubre toda la zona tropical húmeda. Sus características de selva “artificial” pueden contribuir a hacer de este cultivo, en ciertos países, un componente importante de la protección del medio ambiente natural.

#### **1.3.1. Hevea Brasilensis, cultivo y sistema de recolección**

El caucho es un hidrocarburo de alto peso molecular, llamado poliisopreno, en el cual los grupos isoprenos (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>) están unidos en largas cadenas filiformes. Este hidrocarburo es producido por numerosas plantas del reino vegetal, en células especializadas de un alto contenido lechoso, a

las cuales se les llama células laticíferas debido al látex que brota cuando se hace una incisión en la corteza del árbol. Las plantas productoras de látex se encuentran de manera muy dispersa en el reino vegetal, pero, entre las mejores especies para producir caucho se encuentra el *Hevea Brasilensis*, originario de la selva amazónica. Es el género que se encuentra presente en todos los cultivos de Guatemala.

El *hevea brasilensis* en su medio natural se presenta como un árbol de selva tropical. Su corona alcanza los niveles más altos y en general no se puede observar desde el suelo, a menos que el árbol se encuentre en la orilla de un espacio descubierto, o río bastante ancho, por ejemplo en cuyo caso las frondosidades pueden recaer al nivel del suelo. Su tronco es recto y cilíndrico, ligeramente troncónico hacia la base. Su circunferencia a la altura de un hombre es de 1 a 3 metros, pero encontrar árboles de 5 metros de circunferencia no es excepcional en suelos bien drenados. Existen varias especies de *Hevea*, de las cuales todas producen látex, pero en cantidad variable; el látex de varias especies es muy resinoso y no da un caucho de buena calidad, como el que si da el *Hevea Brasilensis*.

El cultivo del *Hevea Brasilensis*, tiene aproximadamente un ciclo de vida de entre 30 y 35 años, entre lo que es el inicio de plantación hasta la renovación o muerte de la misma. Los inicios de la misma se hacen con plantitas o almácigo que se deben de sembrar en las fincas, y que durante los primeros años de vida es cuando la plantación se desarrolla y se hace toda la inversión inicial, la cual consiste en nutrientes, aplicaciones de herbicidas, y ataque contra enfermedades comunes del *Hevea Brasilensis* que ocasionan, desde bajas en producciones en plantaciones maduras, hasta el no desarrollo del árbol. Esta etapa inicial va desde el año cero hasta el año siete, donde la plantación es capaz de empezar a producir látex, y está lista para el inicio de la pica o explotación productiva. Esta etapa va desde el séptimo año hasta aproximadamente los 35 años de edad, desde el inicio de las picas en adelante lo que se espera es que la

producción aumente y se estabilice con DRCs (contenido de hule seco) maduros hasta los 13 años aproximadamente.

La recolección del hule depende del sistema de pica que se tenga en cada una de las fincas productoras. El caucho es recolectado en forma de chipa, o sea el látex coagulado con ácido fórmico. A la hora de que el árbol se pica para extraer el látex este cae en unas tazas donde se acumula toda la extracción, al estar contenido todo en la taza, el picador procede a coagular con ácido fórmico y empieza la recolecta del hule. Este se acopia en finca hasta que se junta el volumen necesario para trasladarlo y ser entregado a la procesadora. En las plantaciones los fondos de tazas y chipas de primera deben ser colectados y conservados de manera a que no se ensucie el caucho. Un método sencillo consiste en concentrarlos en lugares protegidos, sobre encañizados de bambú instalados en los puntos de recolección. En el mejor de los casos, los quesillos o chipas no deben de permanecer más de 24 horas en campo, lo que significa la creación de centros de acopio en finca según la logística de transporte de la misma.

### **1.3.2. Química del hule natural**

Cuando se analiza un caucho crudo, se tiene el hábito, en la práctica industrial, de determinar los contenidos de humedad, extracto acetónico, proteínas y cenizas, la proporción de hidrocarburo caucho se da por diferencia.

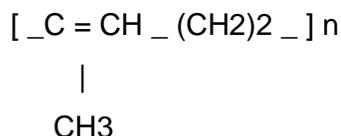
La composición del caucho, tal y como resulta de los análisis, es relativamente variable según el origen clonal, el modo de coagulación: deliberada con ácido o de forma espontánea, y las condiciones de beneficiado. Los valores presentados a continuación muestran la composición química del caucho natural.

**Tabla I. Composición química del caucho natural**

<b>Constituyentes</b>	<b>Composición promedio</b>	<b>Valores extremos</b>
Hidrocarburo Caucho	94.0%	-
Extracto Acetónico	2.5%	de 1.5 a 5%
Proteínas	2.5%	de 1.6 a 3%
Cenizas	0.3%	de 0.2 a 0.5%
Materias Volátiles (entre ellas humedad)	0.5%	de 0.3 a 1%

**Fuente: El Caucho Natural. P. Compagnon**

El principal componente químico del caucho natural es el hidrocarburo caucho, ya que el componente principal del caucho natural es el cis 1-4 poliisopreno cuya fórmula es:



El porcentaje muy elevado (99% por lo menos) de configuración cis y la estéreo regularidad de la macromolécula permiten las notables propiedades físicas de caucho natural de las cuales trataremos más adelante. En efecto, existen formas naturales de trans-poliisopreno tales como la balata y la gutapercha que no poseen las propiedades de elasticidad que se encuentran en el caucho natural.

### **1.3.3. Calidades primarias y secundarias de materias primas**

Las calidades primarias y secundarias de las materias primas para procesar caucho o hule natural, se refieren a la manera en que fueron preparadas las distintas materias primas a utilizarse en el proceso productivo, esto directamente indica si el látex fue espontáneamente

coagulado o bien fue por coagulado específico en las tazas. De esta manera tenemos las calidades: de primera categoría o segunda categoría; teniendo en cuenta que el nombre de calidades secundarias, no conlleva necesariamente un juicio de valor, ya que la calidad del caucho obtenido puede ser de excelente calidad (exceptuando el color) si las precauciones durante su recolección son respetadas y los métodos de beneficiado son apropiados.

#### **a. Chipa de primera**

La chipa de primera es aquella obtenida en fincas destinadas de primera mano a la coagulación específica en tazas con ácido fórmico para bajar el pH del látex y así obtener pequeños coágulos, los cuales se recolectan y se entregan a las fábricas de beneficiado como tal, ya sea sueltas o en marquetas (esto según la logística de cada finca, para facilitar su transporte) para poder ser procesadas y transformadas en cauchos técnicamente especificados. Esta es comúnmente llamada también en los beneficios o procesadoras como chipa 10 (CH 10).

**Figura 2. Chipa de primera**



**Fuente: Investigación de campo**

**b. Chipa de segunda**

La chipa de segunda también llamada fondos de taza, son los coágulos resultando de la prolongación del derrame del látex después de su recolección. Son los resultados de la coagulación espontánea del látex (coagulación sin uso de ácido o bien cantidades mínimas del mismo según la cantidad del fondo de taza). Esta chipa de segunda es recolectada por el picador durante la siguiente pica. Esta es comúnmente llamada también en los beneficios o procesadoras como chipa 20 (CH 20).

**Figura 3. Chipa de segunda**



Fuente: Investigación de campo

### **c. Hilacha**

Con este nombre se le denomina a las finas cintas de caucho resultado del secado del látex sobre el corte y retiradas por el picador durante la siguiente pica.

**Figura 4. Hilacha**



**Fuente:** Investigación de campo

#### **d. Coágulos de finca**

Existe otra modalidad seguida por las fincas en las cuales se obtienen coágulos resultado de la coagulación específica con ácido de la misma manera que la chipa de primera, la única diferencia es que se recolecta de la misma manera que el látex de campo, pero se almacena en pequeñas piletas o recipientes en donde se les es aplicado el ácido. Esta modalidad es por la cantidad de látex extraída de los árboles, y por requerir menos inversión (de infraestructura principalmente) que el transporte de látex de campo en forma líquida a un beneficio. Estos coágulos de finca tienen

características similares e incluso mejores que la chipa de primera por su manejo y tipo de coagulación, ya que se logra tener una adición de ácido más uniforme y controlado.

**Figura 5. Coágulos de finca**



**Fuente:** Investigación de campo

#### **1.3.4 Propiedades físicas del hule natural**

Las propiedades físicas del hule, son varias y estas son las que le dan específicas funciones en sí a los hules técnicamente especificados para los usos en la industria de determinados productos terminados, ya que según el proceso y las especificaciones que tienen sus productos, los clientes de la procesadora requieren determinados valores en el hule natural que adquieren como materias primas. Los valores de estas características proveen información importante al manufacturero, ya que en la medida en que caracterizan bien la aptitud para la plastificación y el mezclado, entonces también se puede medir la cantidad de energía que será necesaria en cada uno de sus procesos productivos. Los análisis de propiedades físicas más útiles son los siguientes:

### **a. Plasticidad**

También llamada plasticidad inicial ( $P_o$ ), es determinada con un plastómetro de platillo paralelo, y que se asemeja a una medida de deformación bajo presión. Consiste en medir a  $100^{\circ}\text{C}$  el espesor en centésimas de milímetro de los discos de caucho precomprimidos 10 segundos a un espesor de 1 milímetro y sometidos después durante 15 segundos a una fuerza de 10 daN, aplicada entre dos platillos paralelos, uno de estos platillos teniendo un diámetro de 10 milímetros;  $P_o$  expresa la plasticidad inicial en oposición a la plasticidad medida después de una prueba estándar de envejecimiento de la muestra  $P_v$ . Esta plasticidad representa la capacidad de plastificación y de mezclado del hule. La plasticidad Wallace es una de las características seleccionadas para la venta del caucho bajo especificaciones técnicas. Da cuenta de un grado de posible degradación del caucho, la cual resulta, sobre todo, en el caso de los coágulos de campo, de malas condiciones de almacenamiento o de beneficiado. Un valor de  $P_o$  inferior a 30 puntos Wallace, implica el rechazo del lote a “bajas calidades”.

### **b. Viscosidad Mooney**

Esta propiedad física del hule natural, se refiere a la consistencia del caucho. Se determina con un consistómetro de cizalladura, y está definida por la reacción opuesta por la goma al esfuerzo de cizalladura continuo provocado por un rotor encerrado en una cámara conteniendo el caucho, calentado a  $100^{\circ}\text{C}$  y que da vueltas a la velocidad constante de  $2 \pm 0.2$  rev/min. Existe una relación bastante estrecha entre la consistencia Money y la plasticidad Wallace. La consistencia o viscosidad Mooney del caucho varía dentro de ciertos límites con el origen clonal del látex. El caucho comercial, a la salida de los beneficios de plantación, procede de mezclas de látex y presenta, en general, una consistencia comprendida entre 65 y 85 puntos Mooney.

### **c. Índice de retención de plasticidad**

El índice de retención de la plasticidad (PRI) por sus siglas en inglés (Plasticity Retention Index), da cuenta de la sensibilidad de la goma bruta ante la acción combinada del calor y del oxígeno. Se trata de una prueba de envejecimiento en la cual los discos de caucho utilizados para la determinación de la plasticidad Wallace son calentados con aire durante una media hora a 140°C. Su plasticidad se compara entonces con la de las muestras no envejecidas. El PRI es la relación en porcentaje entre la plasticidad de las muestras envejecidas (Pv) y no envejecidas (Po).

El PRI constituye una información valiosa sobre la calidad del caucho, especialmente cuando se trata de caucho resultado del tratamiento de productos de cosecha coagulados espontáneamente en el mismo sitio.

### **d. Color**

El color de las formas comerciales del caucho puede variar de un amarillo muy pálido a un marrón muy oscuro según la procedencia del caucho y su modo de beneficiado.

El color no tiene ninguna relación con sus otras propiedades tecnológicas, pero puede influir en la presentación de los artículos manufacturados, cuando éstos deben presentar una coloración clara o un color vivo. Por esta razón, el color es considerado como criterio de calidad para algunos mercados, en particular para el caucho vendido bajo especificaciones técnicas, o para formas de presentación particulares.

### **1.3.5 Determinación de DRC de la materia prima**

El DRC está dado por sus siglas en inglés Dry Rubber Contents, que es el contenido de hule seco en la materia prima o hule de finca recepcionado en el beneficio o procesadora. El hule que se recibe de las fincas está contenido por una parte de hule y una parte de agua, la cual se retira en el proceso de beneficiado del caucho para obtener un 100% de caucho al final del proceso. Para tal efecto, es necesario obtener la cantidad de caucho contenida en la materia prima a la hora de la recepción ya que es en base a esta cantidad que se paga el material a las fincas proveedoras de caucho.

El DRC es un análisis gravimétrico, con el cual se determina el porcentaje real de hule seco contenido en la materia prima, este se realiza según una relación directa entre el peso inicial de una muestra representativa del total de la entrega y el peso final de dicha muestra habiéndole retirado todo tipo de humedad a través del crepado (acción por la cual se exprime el hule) y secado en hornos pequeños de laboratorio. Con este análisis se obtiene la visión de cuánto caucho real se tiene la capacidad de producir y ser transformado mediante el proceso de beneficiado a cauchos técnicamente especificados.

### **1.3.6 Cauchos o hules natural técnicamente especificados**

El desarrollo rápido y la competencia severa de los cauchos sintéticos de uso general por un lado, y la búsqueda de una racionalización más grande en el manejo y el secado del caucho para economizar mano de obra y energía por otro lado, condujeron a los productores a elaborar, a principios de los años 60, procedimientos de beneficiado permitiendo producir granulados mucho más fáciles de manejar que las hojas (hule a partir de moldes y secos al ambiente) y soportando temperaturas permitiendo un secado mucho más rápido, que en vez de invertir días completos requiriera tan sólo de algunas horas. Estos granulados, una vez secos, son

prensados en bloques compactos llamados block rubber en los países anglófonos, pacas en México y Guatemala, pequeños bloques de forma y de peso equivalentes a los propuestos por los productores de caucho sintético. El caucho es vendido, ya no en función de su aspecto, sino según criterios de especificaciones técnicas admitidos por los productores y los consumidores de acuerdo con normas definidas por la Organización Internacional de Normalización (ISO).

Los criterios de especificación técnica están dados por varios aspectos como lo son: el contenido de impurezas, la plasticidad Wallace (Po), el índice de retención de plasticidad (PRI), el grado de cenizas, el grado de nitrógeno, el grado de materias volátiles, la viscosidad Mooney y el color medido en unidades Lovibond; cada uno según el tipo de caucho específico. Entre los tipos de cauchos técnicamente especificados tenemos: Los hules 10, 20 y 50 que son cauchos normales que se diferencian uno del otro por las partes por millón de suciedad. Los hules CV o de viscosidad controlada cuya característica principal es su viscosidad Mooney que oscila entre los 50 y 70 puntos Mooney y son hules especializados que disminuye e incluso elimina la pre-masticación del hule. Los hules WF básicamente producidos con un 100% de coágulo de finca. Los hules L que se caracterizan por su color, el cual debe de ser menor a las 6 unidades Lovibond, y se utiliza en productos terminados claros o de colores vivos.

#### **1.4 Proceso de beneficiado del hule natural**

El término “beneficiado” del caucho recubre todas las operaciones permitiendo la transformación de los diversos productos de la coagulación del látex suministrados por la plantación o fincas proveedoras, con vistas a facilitar el secado para obtener una materia prima utilizable por el manufacturero. Las principales características o cualidades con las que debe de cumplir el proceso de beneficiado con toda evidencia en el producto proporcionado al usuario son: que sea tan limpio como sea posible, libre de

cualquier suciedad proveniente de finca y que esté completamente seco de manera homogénea. Para lograr esto en el proceso de beneficiado se tienen varias etapas importantes que a continuación se presentan:

#### **1.4.1 Selección de las materias primas**

Esta etapa es bien importante, y es el enfoque principal de esta investigación, ya que de la correcta selección y separación de las materias primas, según sus características físicas, para luego realizar mezclas controladas en el proceso, es como se puede controlar de una mejor manera las calidades de los cauchos técnicamente especificados y así disminuir o evitar tanto re-procesos como producto no conforme. Esto debido a que cada plantación puede tener hules de diferentes características físicas debido a la variedad de clones de la plantación, la edad de la misma, el manejo de los coágulos deliberadamente coagulados o bien de coagulación espontánea y tiempo de acopio en finca entre otras.

#### **1.4.2 Reducción de tamaño**

Es bien importante esta etapa del proceso que se divide en tres reducciones de tamaño, las cuales van intercaladas por cada una de las limpiezas desde que se ingresa al proceso la materia prima como se recibe de fincas previamente homogenizada, hasta que llega al estado de “miga” lista para secarse. El proceso inicia con la primera reducción de tamaño que es un corte grueso realizado por la máquina Slab Cutter (máquina de corte grueso).

**Figura 6. Slab Cutter**



**Fuente: Propiedad de la empresa.**

Luego, un segundo corte que consiste en una fragmentación tosca realizado por la máquina Prebreaker (máquina de corte fino).

**Figura 7. Prebreaker**



**Fuente: Propiedad de la empresa.**

Para luego terminar con la tercera y última reducción de tamaño, la cual consiste en la extrusión de los pequeños fragmentos de hule, esta extrusión se realiza por la máquina llamada Extruder (máquina extrusora).

**Figura 8. Extruder**



**Fuente: Propiedad de la empresa.**

Vale la pena mencionar que una característica importante de todos estos cortes es el desgarre de la materia prima, ya que esto permite la salida de la humedad a la hora del secado, debido a la permeabilidad que el hule posee.

### **1.4.3 Limpieza**

La limpieza se va realizando seguida a cada uno de los cortes (exceptuando el de extrusión, ya que después de este se va directamente al paso de secado), esta limpieza se hace por medio del transporte en pilas que contienen chorros que empujan y limpian a su vez el hule. Se realiza el transporte de una pila a otra donde se cambia de agua periódicamente durante el proceso y que con esta operación se logre el cometido de limpieza. Las pilas están diseñadas de tal manera que al paso del hule cortado por estas la suciedad queda atrapada en filtros de acero inoxidable

los cuales también tienen un programa estricto de limpieza durante el proceso.

#### **1.4.4 Secado**

Luego de pasar por todos los procesos de corte, el hule es depositado en cajas de acero inoxidable, donde es ingresado a un túnel de secado, el cual actúa a base de aire caliente, el cual en un transcurso aproximado de cuatro horas libera el agua contenida en el hule y lo deja completamente seco y sin rastros de humedad. En este punto del proceso es donde se mide y se controlan las características de Po y viscosidad Mooney, por lo que es un secado suave que no permite la degradación del hule. Los aspectos críticos de este paso del beneficiado del caucho son el control de temperaturas que oscila entre los 110°C y 130°C, y el tiempo de secado. En el túnel de secado caben 16 cajas por lo cual el tiempo de secado por estación de avance de cada caja oscila entre los 800 y 900 segundos. Otro factor importante a tomar en cuenta en el secado es el nivel de llenado o altura dentro de la caja que alcanza la miga depositada en la misma, ya que de una altura correcta depende la uniformidad en el secado, esto se mide antes de que ingresen las cajas al túnel de secado (secadora).

#### **1.4.5 Empaque**

Luego de que el hule sale de la secadora se pesa y se prensa para formar pacas de 33.33 kilogramos que es el peso internacional establecido según la normativa ISO. En esta etapa del proceso se identifica el producto según el caucho técnicamente especificado, y queda listo para su almacenamiento.

## **2. EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1 Principales problemas o debilidades identificados en el proceso de beneficiado actual**

El proceso de beneficiado del caucho natural por parte de la empresa escogida para este estudio, posee varias fortalezas porque, que es una organización madura con 40 años de estar en el negocio. Además cuenta con personal operativo y de mandos medios con mucha experiencia. Esto es una fortaleza notable por el potencial y el conocimiento de la operación que cada una de estas personas posee. Pero también se ve el acomodo del personal y se nota que han entrado a un estado de confort que provoca el obtener resultados no tan promisorios, por lo cual es necesario realizar un análisis completo de los indicadores de desempeño del proceso y evaluarlos según las necesidades de la organización en este momento para mejorar los que se tengan que quedar y diseñar nuevos según las nuevas exigencias para que los mismos busquen trabajar en la mejora del proceso.

Analizando directamente el proceso productivo o de beneficiado se puede identificar que el producto no conforme es uno de los principales problemas de calidad, lo cual trae consigo un alto costo de calidad que a su vez aumenta el costo de producción.

Como se puede ver el área de oportunidad es bastante amplia en lo que a utilidades respecta. Además se ve que no hay planes de acción claros para poder contrarrestar las fallas del proceso y este producto no conforme se ha convertido en uno más de los productos normales de la procesadora, e incluso tiene ya un código al cual los supervisores de producción direccionan toda la producción que por algún motivo sale de las

especificaciones requeridas por cada uno de los clientes. Como consecuencia del alto porcentaje de producto fuera de especificaciones (no conforme) y de la baja rotación del mismo, se tiene un problema en el manejo de inventarios de producto terminado debido a que los espacios en bodega son reducidos y sin embargo se tiene que almacenar productos cuyo destino es incierto.

El cumplimiento de los planes de producción se ve afectado constantemente, debido a que se produce productos fuera de programación y que no son requeridos según pronósticos de ventas y pedidos formales acordados con el cliente. Al salirse del plan y con la necesidad de cumplir con los compromisos de despachos de la organización, frecuentemente es necesario el uso de horas extras para suplir dichos contratos.

Además de esto se tiene el desaprovechamiento de la materia prima ya que es un recurso escaso el cual se utiliza de manera ineficiente teniendo un costo de oportunidad alto debido a que el producto producido para satisfacer los pedidos de los clientes se retrasa debido a las no conformidades del proceso.

Los controles del inventario de materia prima de la procesadora en cantidades son muy eficientes y confiables debido al método establecido para efecto. Sin embargo no se tiene establecido un control de inventario de materia prima basado en las propiedades físicas de la materia prima. Este control es absolutamente necesario, debido a que las propiedades finales del producto terminado vienen dadas de las propiedades iniciales (desde la recepción) de la materia prima, debido a que el proceso de beneficiado consiste nada mas en la limpieza y la reducción de tamaño de las chipas y coágulos de finca (materias primas) los cuales vienen compuestos de una parte de hule y otra menor de humedad o agua, para que luego de su reducción pasar al proceso de secado que no es otra cosa que retirar toda la humedad de la materia prima y dejar un cien por ciento de hule seco en las

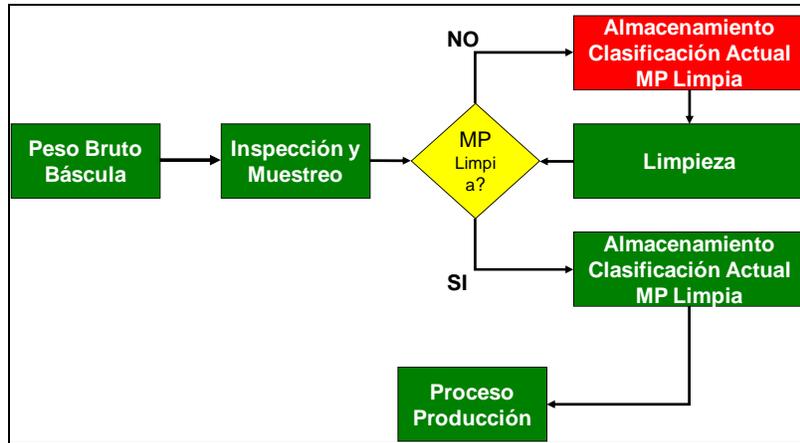
marquetas. Por tal razón, es importante tener homogeneidad o uniformidad de propiedades a lo largo de todo el proceso, que sin un control correcto simplemente no se logra y se obtienen variantes que obliga a mover los parámetros de temperaturas para el secado para mantener dentro de especificaciones el producto a lo largo de todo el proceso. Como consecuencia de todas estas variaciones se tiene el riesgo latente de procesar producto no conforme o fuera de especificaciones a lo largo de toda la corrida de producción previamente planificada.

### **2.1.1 Manejo actual de la materia prima**

Actualmente no se tiene ningún método de recepción y de almacenamiento de la materia prima establecido, debido a que no se ha identificado la necesidad o la oportunidad de una correcta separación, almacenamiento y control de la materia prima como inicio del proceso de producción de la procesadora.

Se recibe la materia prima en patios de almacenamiento y se deposita en los lugares disponibles en el patio en el orden de llegada de los camiones y vehículos que transportan la materia prima de las fincas proveedoras a la procesadora. Actualmente el único método definido es el de pesaje y toma de muestras, por lo que no se da mayor importancia a la descarga de camiones más que por el tiempo de estadía de las fincas proveedoras en la procesadora. Se coloca la materia prima indiscriminadamente en volcanes formados en el patio, sólo tomando en cuenta el aprovechamiento del espacio el cual es limitado. El personal encargado del acomodo de la materia prima sólo tiene la función de dirigir a los camiones y de atender las descargas en el menor tiempo, mas no se aseguran de diferenciar tipos e identificar una separación de fincas debido a que no se ha establecido dicho control. En la figura 9 se observa el flujo actual de recepción de materia prima.

**Figura 9. Flujo actual de recepción de materia prima**



Fuente: investigación de campo

### 2.1.2 Gestión de las variables críticas del proceso

No existe un manejo de las variables críticas que definen el proceso de producción, más que los controles que llevan los supervisores de producción durante el proceso de la temperatura de secado y los tiempos de secado, ya que son los únicos controles establecidos, además de la anotación de los datos que provee el laboratorio de producto terminado durante el proceso de producción. Estos datos que proporciona el laboratorio de producto terminado son muy importantes ya que definen las características físicas del hule procesado y determinan si cumple o no cumple con las especificaciones preestablecidas del producto programado a procesarse. Sin embargo, estos datos son utilizados únicamente para definir el empaque del producto terminado y no para el monitoreo correcto del proceso ya que no se puede tomar acción para corregir los resultados finales debido a que el ciclo de secado inicia unas cuatro horas antes de la salida del producto, por lo que los resultados de laboratorio no sirven para prevenir posibles fallas en el proceso. Además existe una estadística de los datos por lote y tarima procesados, pero la misma no se utiliza para presentar

iniciativas de mejora al proceso de producción, sino más bien tiene un fin documental y de trazabilidad del producto procesado.

No se han definido las variables necesarias para poder monitorear de manera correcta el proceso de producción y que permita mejorar las condiciones de proceso para evitar la producción de producto fuera de especificación.

Si el producto que se procesa, no cumple con las características físicas especificadas del producto que está programado en el plan de producción, dicho producto se direcciona automáticamente a producto no conforme sin verificar el cumplimiento de especificaciones para otro cliente de producto terminado, por lo que esto aumenta el porcentaje de producto no conforme desaprovechando la materia prima la cual es escasa.

### **2.1.3 Principales problemas actuales de calidad**

Los problemas de calidad en la planta procesadora se miden en porcentajes de producto malo sobre el total producido en un lapso determinado de tiempo. Los principales problemas de calidad que se tienen en la procesadora actualmente son el producto no conforme, producto reprocesado y producto reclasificado.

El producto no conforme es todo aquel producto obtenido en el proceso de producción que no cumple las características físicas o especificaciones técnicas internacionales del caucho o bien los requerimientos específicos del cliente para el cual está direccionado el producto en cuestión. De las diferentes características físicas que requieren los clientes de caucho natural son tres las características comunes que actualmente presentan problema: Viscosidad Mooney, Plasticidad inicial (PO) e Índice de Retención de Plasticidad (PRI). La viscosidad Mooney la cual es la característica más importante de los hules de viscosidad controlada o los de baja viscosidad.

Esta característica en promedio requiere valores entre 50 y 70 unidades Mooney debido a la mejor maleabilidad del caucho en los procesos de productos terminados. Actualmente se obtienen productos no conformes de viscosidad controlada por debajo de las 50 unidades Mooney o bien por arriba de las 70 unidades Mooney. La plasticidad inicial es una característica específica de los cauchos normales (Hules 10 ó 20) que son especificados internacionalmente con un mínimo de 30 unidades de plasticidad inicial.

El índice de retención de la plasticidad (PRI) es una prueba de envejecimiento para determinar cuál será el comportamiento del caucho después de un tiempo de almacenaje en las bodegas de los clientes de producto terminado debido a que los valores de plasticidad aumentan en el caucho con el transcurrir del tiempo ya que es una característica inherente del producto. Las especificaciones para este índice de retención varían según el cliente de producto terminado, pero generalmente oscilan entre las 50 y 60 unidades como mínimo para considerarse aceptable. El Po y la viscosidad Mooney son relacionables entre sí de tal manera que cuanto más baja la viscosidad, el Po también es más bajo y viceversa, pero según los procesos y las formulaciones del cliente así también será el requerimiento. Es por tal razón que para algunos productos se especifica viscosidad y para otros Po. En algunos casos se especifica límites de Po y a su vez límites de viscosidad, en estos casos se tiene mayor probabilidad de incrementar el porcentaje de producto no conforme actualmente. Esto se debe a que no se tiene bajo control las propiedades de la materia prima que ingresa al proceso para producir específico producto, ya que cada plantación tiene distintas propiedades según los tipos de clones y procesos de coagulación.

El producto reprocesado es aquel producto el cual desde su origen posee características muy bajas ya sea de Po o de viscosidad, por lo que no es conveniente empacarlo ni siquiera como un producto no conforme debido a que es un producto degradado y se envía a reproceso. Esto ocurre cuando existe variación de temperatura en los quemadores de la secadora o bien el

producto fue expuesto a temperaturas demasiado altas durante el proceso de secado. El procedimiento de reproceso de un caucho ya seco consiste en enviarlo a pilas de remojo donde el hule recupera su humedad, y después de un tiempo (aproximadamente de 3 a 5 semanas) este se vuelve a pasar por el proceso completo desde corte hasta secado.

El producto reclasificado es aquel producto que inicialmente no dio las características del producto programado, pero si cumple con las características para otro producto por lo que se direcciona para este último. El problema con este producto es que si bien es cierto se puede vender como un producto normal, puede ocasionar inventario de producto terminado no deseado con producto de baja rotación o bien aumentos innecesarios más allá de lo planificado en producto de rotación normal. De cualquiera de los dos lados es un problema.

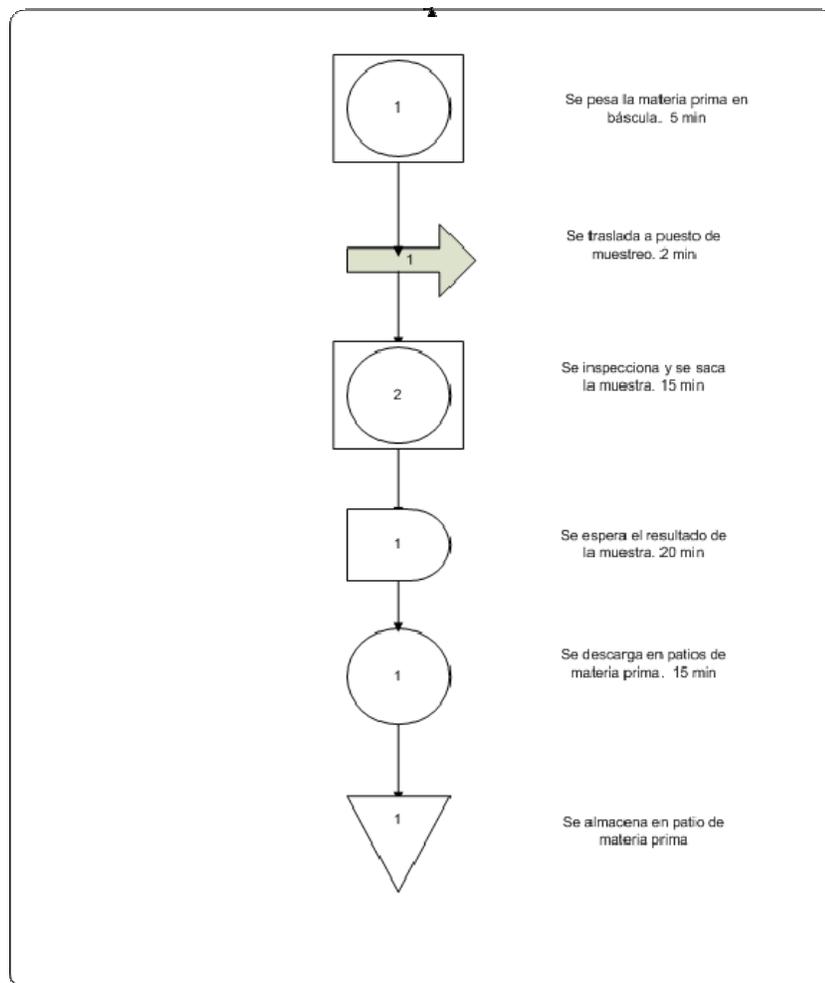
## **2.2 Diagrama de flujo de operaciones del proceso actual**

El proceso de producción inicia desde la recepción de la materia prima de cada una de las fincas proveedoras inspección y muestreo de la misma, luego su almacenamiento en patios de materia prima, para luego según disponibilidades y requerimientos de cantidad en producción ingresar al proceso de corte, limpieza, secado, prensado, empaque y almacenamiento de producto terminado. Esto es lo que se detalla a continuación en el diagrama de flujo de operaciones del proceso actual de beneficiado de caucho natural técnicamente especificado, ver figura 10.

**Figura 10. Diagrama de flujo de operaciones del proceso de recepción actual de materia prima en la planta procesadora de caucho**

Diagrama: Diagrama de Flujo de Operaciones del Proceso  
 Método: Actual  
 Empresa: Procesadora de Caucho  
 Elaborado por: Alejandro Anzures Peraza Pajir

Proceso: Recepción de Materia Prima  
 Fecha: 27 de septiembre de 2020  
 Hoja: 1 / 1  
 Revisión: Original



**RESUMEN:**

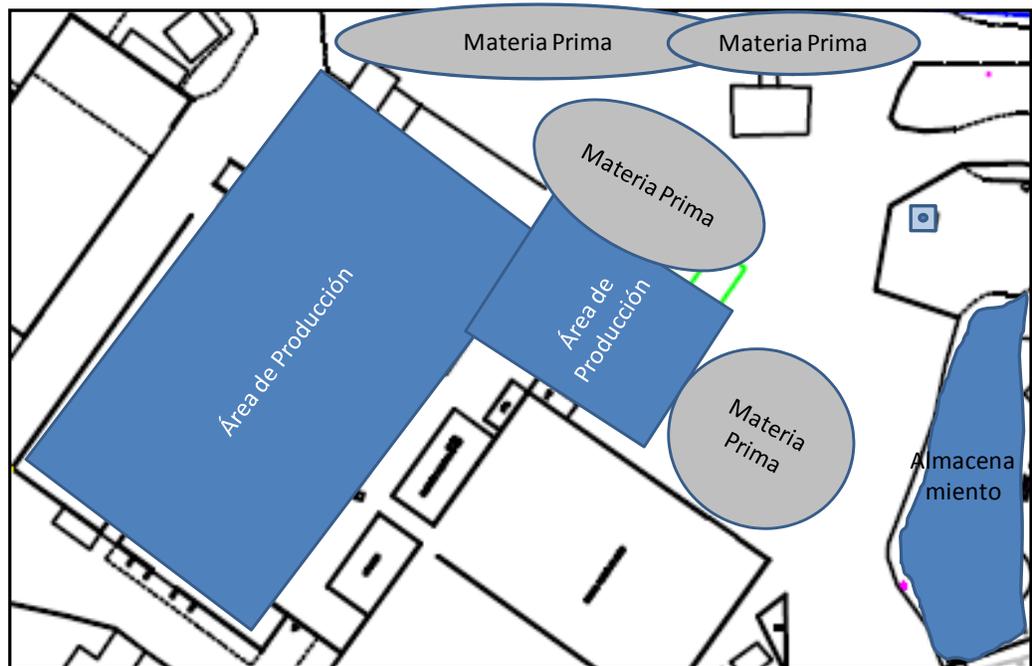
	Cantidad	Tiempo (min)
○	1	15
○	2	20
D	1	20
→	1	2
▽	1	-
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>57</b>

Fuente: Investigación de Campo

### 2.3 Lay out actual de patios de recepción de materia prima

La distribución actual de los patios de materia prima que es el lugar donde se almacena toda la materia prima para el proceso de producción es la que se observa a continuación en la figura 11.

Figura 11. Lay out actual



Fuente: Propiedad de la empresa

### 2.4 Indicadores de productividad

Es importantísima la gestión de indicadores en todo proceso debido a que sólo con estos se puede saber en dónde está el proceso y si las acciones tomadas dentro del mismo han sido las correctas, ya que sólo lo que se mide se puede controlar, y sólo lo que se controla se puede mejorar. Los indicadores dan la facilidad a los procesos de fijarse metas y objetivos y hacer planes para cumplir dichos objetivos ya que en un período de tiempo se puede evaluar la efectividad de los mismos y replantear que se necesita para lograrlos.

Con respecto a indicadores de productividad se puede citar a los directamente relacionados con la productividad en sí de la planta como lo son la cantidad producida, rendimientos de los insumos principales de producción marcados como kilogramos producidos por unidad consumida, velocidad del proceso o sea cantidad producida por unidad de tiempo. Y los que son directamente de calidad pero que van directamente relacionados con la productividad de la planta ya que no se puede medir sólo la cantidad producida sino que hay que contrastarla con la calidad que se obtuvo de lo producido. Por tal razón son inherentes al proceso de producción los indicadores de calidad y deben de ser tomados en cuenta para completar la medición de la productividad del proceso.

Los indicadores de productividad y calidad del proceso y su situación actual se presentan a continuación:

#### **a. Volumen de producción**

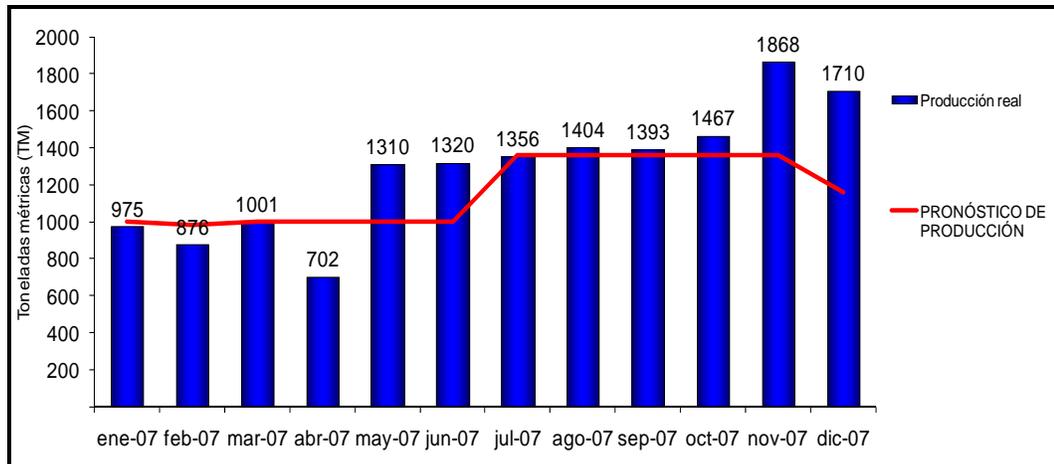
Mide la producción en kilogramos procesada en el año según los pronósticos de recepción de materia prima. Se puede observar la cantidad diaria promedio de kilogramos producidos. Este indicador es la base para la medición de los otros indicadores de productividad ya que todos se miden en relación a la cantidad producida. En la tabla II se muestra el detalle del volumen de producción y la velocidad de la misma en TM/H y en la figura 12 se puede apreciar el volumen de producción en TM durante el año 2007.

**Tabla II. Volumen de producción y velocidad del proceso (TM/H)**

Mes	Pronóstico de producción	Producción real	Diferencia	%	Días procesados	Producción por día	Velocidad de Producción
enero-07	1,000,000	974,553	-25,447	-2.54	27	36095	1.50
febrero-07	980,000	875,961	-104,039	-10.62	25	35038	1.46
marzo-07	1,000,000	1,001,411	1,411	0.14	30	33380	1.39
abril-07	1,000,000	702,439	-297,561	-29.76	21	33449	1.39
mayo-07	1,000,000	1,310,295	310,295	31.03	25	26206	1.09
junio-07	1,000,000	1,319,956	319,956	32.00	27	24444	1.02
julio-07	1,360,000	1,355,728	-4,272	-0.31	27	25106	1.05
agosto-07	1,360,000	1,403,967	43,967	3.23	27	25999	1.08
septiembre-07	1,360,000	1,393,138	33,138	2.44	25	27863	1.16
octubre-07	1,360,000	1,467,155	107,155	7.88	26	28215	1.18
noviembre-07	1,360,000	1,867,623	507,623	37.33	27	34586	1.44
diciembre-07	1,160,000	1,710,216	550,216	47.43	23	37179	1.55
<b>Total</b>	<b>13,940,000</b>	<b>15,382,442</b>	<b>1,442,442</b>	<b>110.3%</b>			<b>1.28</b>

Fuente: Propiedad de la empresa

**Figura 12. Volumen de producción 2007**



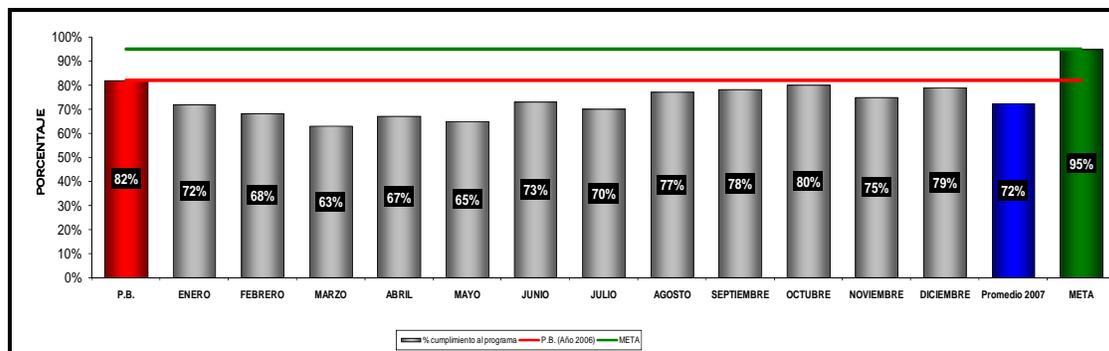
Fuente: Propiedad de la empresa

### b. Cumplimiento al programa de producción

Es otro indicador importante, ya que se inicia con la planificación general que dice la cantidad requerida a producir según los pronósticos de recepción de materia prima, producción y ventas. El cumplimiento del programa de producción mide la efectividad de lo planificado. Actualmente el programa se

ve constantemente alterado debido a problemas de calidad durante el proceso. En la figura 13 se presenta el cumplimiento del programa de producción en el año 2007.

**Figura 13. Cumplimiento del programa de producción 2007**



**Fuente: Propiedad de la empresa**

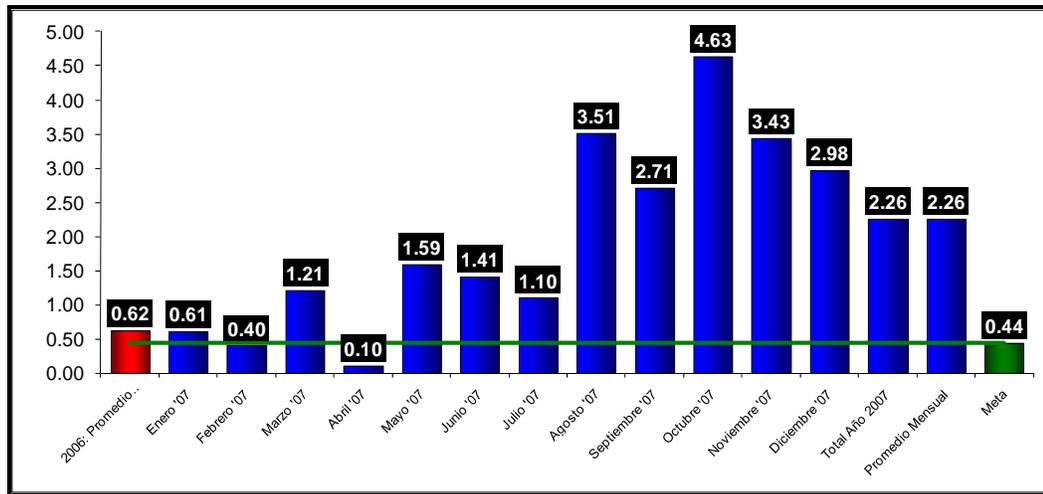
Además de los indicadores de gestión mencionados se encuentran los directamente relacionados con la calidad del producto terminado, de los cuales tenemos:

- El producto no conforme
- El producto reclasificado
- El producto reprocesado

La situación actual se puede observar directamente en los indicadores de gestión los cuales miden el porcentaje de producto malo sobre el total producido. Durante el año 2007 se produjeron 15,382,442 kilogramos de los cuales 347,098 kilogramos fueron no conformes. En la figura 14 se muestra el producto no conforme del año 2007 y se ve el alto porcentaje (2.26%) debido a la falta de control de las propiedades físicas de la materia prima a la hora de ingresar al proceso de producción, en la figura 15 se muestra el producto reclasificado del año 2007 y en la figura 16 el producto reprocesado(1).

(1) Esta información fue proporcionada por la empresa.

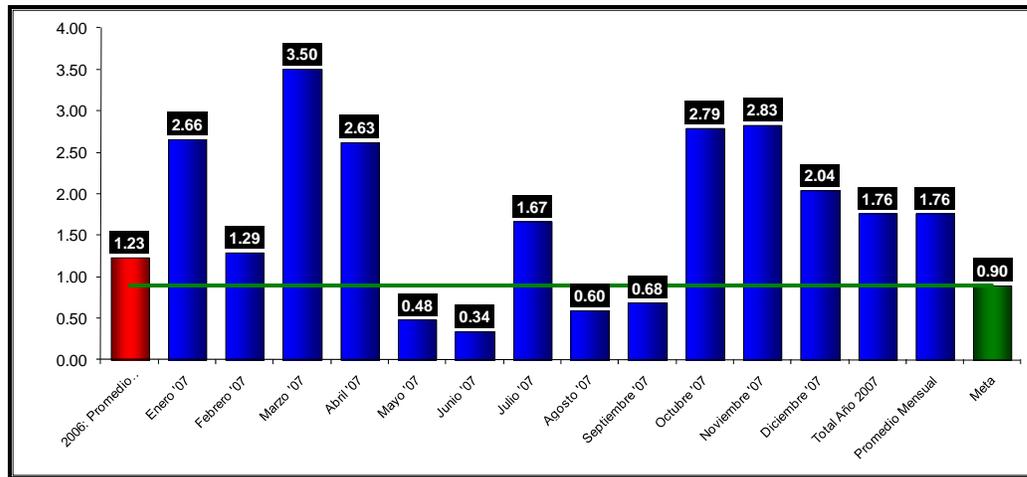
**Figura 14. Producto no conforme año 2007.**



**Fuente: Propiedad de la empresa**

Se puede observar en la gráfica del producto no conforme del año 2,007 el alto porcentaje total (2.28%) que se obtuvo por lo que se manifiesta el área de oportunidad que se tiene en este tema.

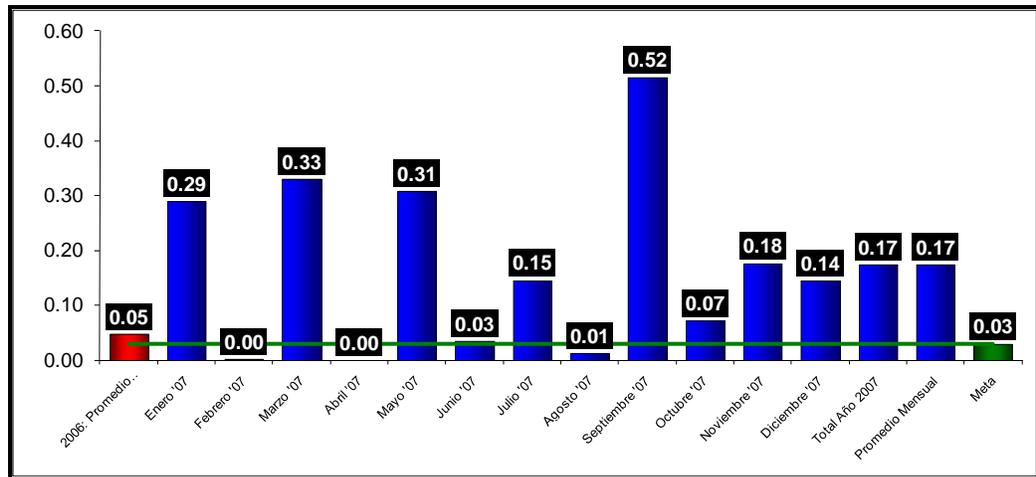
**Figura 15. Producto reclasificado año 2007**



**Fuente: Propiedad de la empresa**

Gran parte del producto que se debe de reclasificar se debe a productos que inicialmente requerían un valor de Po, PRI o bien viscosidad específico, pero que por variación del proceso no se pudo empacar el producto para lo que originalmente se planificó según el programa de producción. Es cierto que si cumple con las propiedades necesarias para otro producto, pero no es lo que se quería y con esto se tiene un problema ya que se debe de invertir recursos en un producto no necesario en ese momento.

**Figura 16. Producto reprocesado año 2007**



**Fuente: Propiedad de la empresa**

Se ve el porcentaje total de reproceso para el año 2,007, en este indicador se marca claramente el resultado del gasto de recursos en algo que por cualquier no conformidad simplemente se debe de repetir el proceso e invertir de nuevo todos los insumos necesarios para la producción. Así que aunque en el reproceso se recupere la materia prima, hay recursos que simplemente se desperdician debido a desuniformidad del proceso productivo.

### **2.5 Evaluación o diagnóstico de la situación actual**

Al efectuar el análisis de la situación actual se puede observar que el porcentaje de producto no conforme es muy alto y la mayor cantidad de este producto no conforme se debe a problemas ocasionados por la alta variación que tiene el producto durante el proceso de secado. Esta variación se ve reflejada en cada una de las cajas que salen de la secadora que arroja datos diferentes de una caja a otra, situación que complica el proceso que es constantemente alterado en el afán del supervisor de producción por mejorar las condiciones de secado para minimizar la producción no conforme y esto en lugar de mejorar intensifica la variación dentro de toda la secadora.

Como se vio en el capítulo 1 de este documento el proceso de producción o beneficiado de caucho natural consta de dos partes, las cuales son:

1. Corte, reducción de tamaño y limpieza.
2. Secado del caucho, que no es más que retirar toda humedad contenida en la materia prima para pasar de un DRC aproximado de entre 60% y 70% a un caucho seco con 100% DRC.

La variación de las propiedades físicas que ocasionan el producto no conforme vienen dadas directamente por la materia prima y no por el proceso de beneficiado, ya que las variaciones se dan en un mismo lote de producción sin modificación en el ajuste de la maquinaria. Estas propiedades físicas de la materia prima se generan desde su origen por diversas razones ya sea por el tipo de clones sembrados en las plantaciones, su coagulación, recolección o almacenamiento en finca. Esto denota que la recepción y almacenamiento actual de la planta procesadora de caucho es incorrecta debido a que cada materia prima tiene características distintas, pero actualmente la materia prima que se recibe en planta se almacena sin distinción alguna y se procesa sin una correcta homogenización previa que permita asegurar los valores. Se puede identificar que con el método actual de recepción no se puede asegurar la separación de la materia prima ya que no se tienen identificados los valores de las propiedades físicas de la materia prima de cada finca, además que la distribución de espacios de la planta son reducidos o limitados por lo que antes de iniciar con una separación de la materia prima se debe redistribuir el patio delimitando los espacios correctos. No se puede pretender que exista una mejora en las propiedades de la materia prima que se recibe sin una correcta retroalimentación, ya que se da seguimiento a fincas pero en los temas de calidad no se tiene incluido el tema de mejorar las propiedades físicas. Esto provoca claramente que a la hora de su procesamiento presente variaciones a lo largo de su secado manteniendo los valores inconsistentes a lo largo del proceso de los diferentes tipos de hule.

### 3 SISTEMA DE GESTIÓN O MANEJO DE LA MATERIA PRIMA PROPUESTO

Es necesario modificar el método actual de recepción y almacenamiento, ya que el actual es deficiente por las exigencias actuales de los clientes y la diversificación de productos. Realmente es necesario definir un criterio para la recepción de materias primas que asegure que la materia prima se evalúe a la hora de su ingreso a la planta y se separe y almacene según sus propiedades físicas. Si bien es cierto que cada finca proveedora posee características físicas distintas, también es cierto que existen similitudes entre algunas fincas por lo que se puede agrupar dichas materias primas por grupos de fincas que tengan características similares.

Como se puede ver en la tabla III durante el año 2007 y el mes de enero de 2008 que es el punto de partida del proyecto, se generaron 417,091 kilogramos de producto no conforme, de los cuales 129,485 kilogramos (31.04%) fueron por valores de Po, 159,713 kilogramos (38.29%) fueron por valores de PRI fuera de especificación. Las no conformidades por Po y PRI representan el 69.34% del total de producto no conforme (1).

**Tabla III. Cantidad en Kg a detalle de producto no conforme año 2,007 y Enero 2,008**

Año	2007	2008	Total	%
Po	129,485	0	129,485	31.04%
PRI	89,720	69,993	159,713	38.29%
Viscosidad	116,393	0	116,393	27.91%
Otros	11,500	0	11,500	2.76%
<b>Total</b>	<b>347,098</b>	<b>69,993</b>	<b>417,091</b>	

**Fuente: Investigación de campo**

(1) Información de investigación de campo.

El criterio de separación se puede definir en base a Po y PRI ya que son propiedades específicas de la mayor parte de productos, y representan el 69.34% de las no conformidades. La viscosidad Mooney va muy relacionada con los valores de Po de la materia prima por lo que al controlar la separación, la viscosidad se tendrá también bajo control, por lo que se tiene como propósito definir e implementar el sistema de manejo adecuado de la materia prima que nos garantice el cumplimiento de especificaciones de producto definidas por el cliente, por lo que si conocemos las características de la materia prima utilizada y controlamos su uso a través de la separación en grupos homogéneos y mezclas programadas, lograremos minimizar las variaciones en el proceso, pudiendo especificar y cumplir con los esquemas de trabajo, que a la vez garantizarán el cumplimiento de las especificaciones de venta que a su vez reducirá la producción de productos no conformes y se aumentará la productividad de la planta procesadora.

### **3.1 Definición de Calidades de la Materia Prima**

La calidad de la materia prima es muy importante debido a que de esta dependerá directamente la calidad del producto terminado. Se puede verificar desde la calidad primaria o bien el origen de la materia prima por su tipo de coagulación, así como también su manejo en la plantación el cual es determinante para tener una materia prima libre de contaminantes, ya que el hule natural por sus características de extracción es muy susceptible a todo tipo de contaminaciones que van desde palitos y hojas de los mismos árboles de hule natural, hasta materiales extraños por la limpieza del centro de acopio o bien tierra y fibras de costal u otro material derivado del transporte desde los árboles al centro de acopio; por lo mismo es importante el buen manejo de la misma dentro de todo el proceso que va desde la pica hasta su llegada a la procesadora para ser entregada. También se menciona la calidad por sus propiedades físicas las cuales van dadas directamente por el tipo de clon de la plantación, la edad de los árboles o el sistema de coagulación. A continuación se detalla la separación y los

cuidados que se deben de tener para cada una de estas calidades anteriormente detalladas ya en la planta procesadora para su recepción, almacenaje y proceso.

### **3.1.1 Por su origen o forma de recolección**

La materia prima se separa por su forma de origen o recolección, debido a que para procesar un producto terminado de calidad se debe de tener control sobre la cantidad de cada tipo de chipa o materia prima a utilizarse, ya que las propiedades de una chipa de primera cambian en relación las propiedades de una chipa de segunda. Se requiere de una correcta separación de la materia prima, además de una correcta homogenización a la hora de realizar las mezclas debido a que el secado de una chipa de segunda es más lento que el secado de una chipa de primera debido a que en la chipa de segunda por provenir de una coagulación espontánea forma una capa más gruesa al lado externo de la chipa a comparación de una chipa específicamente coagulada con ácido fórmico (chipa de primera), y que por ser más pequeña esta encapsula la humedad en su interior. Por tal razón en una mezcla para ingresar al proceso de producción no es recomendable abusar de entre un 20% y 30 % de la composición de la mezcla de este tipo de chipa.

La materia prima debe de ser separada por sus calidades primarias y secundarias, o sea por chipa de primera, chipa de segunda, coágulo normal de látex e hilacha en los patios de recepción y almacenamiento de materia prima, para que en su momento se pueda preparar una mezcla controlada y por porcentajes de cada una de estas calidades que a su vez permita tener un proceso de corte y secado uniforme disminuyendo la posibilidad de variación en el proceso.

### **3.1.2 Por sus valores de propiedades físicas**

Se debe clasificar o separar la materia prima por sus propiedades físicas debido a que cada plantación de caucho puede tener diferentes propiedades físicas. De hecho el separar la materia prima por grupos de fincas o plantaciones con similares características físicas ayuda a controlar las condiciones de ingreso al proceso de producción lo cual es importantísimo para erradicar la principal causa del producto no conforme que se definió a lo largo del capítulo 2 de este documento.

Las materias primas se pueden clasificar por sus valores de viscosidad Mooney, por sus valores de plasticidad inicial (Po), y por su índice de retención de plasticidad (PRI), o bien por la combinación de estas propiedades. Las propiedades físicas de la materia prima tienen relación entre sí, esto quiere decir que si los valores de alguna propiedad son altos entonces se puede tener valores altos también en otra propiedad, por lo que se separará la materia prima en base al Po y PRI, y que en base a estas se segregue en los patios de almacenamiento de materia prima desde su recepción de cada una de las fincas proveedoras.

Al realizar una correcta separación de la materia prima por sus características físicas ya se tiene hecha gran parte del trabajo necesario para erradicar el producto no conforme o un alto porcentaje del mismo de la planta procesadora, porque lo que sigue es sólo parte de planificación de mezclas controladas para ingreso al proceso según requerimientos específicos del producto terminado a procesarse. Por esta razón es que se debe de tener especial cuidado para esta operación de separación, y un procedimiento bien definido que asegure dicha separación, además de el personal capacitado específicamente para este fin. Otra necesidad es redistribuir los espacios en el patio de almacenamiento en relación a calidades definidas y un método de identificación de materia prima para evitar confusión y que se mezcle una calidad con otra.

### **3.1.3 Por su grado de contaminación**

La materia prima debe de ser separada por su grado de contaminación ya que esta contaminación altera directamente la calidad del producto y el proceso en sí. Si bien es cierto que en la plantación puede estar muy susceptible a ser contaminada, es cierto que se puede evitar con un cuidadoso manejo de la misma. Si se analizan los tres conceptos definidos como calidad de la materia prima se puede denotar que todos dependen directamente de la decisión de la finca o plantación de hule natural, pero con respecto a la contaminación es uno de los puntos que más afecta debido a que con este se debe de realizar un trabajo extra además de sólo separarla, que es el de limpieza antes de su ingreso al proceso de producción tanto por calidad del producto terminado, así como por operación durante el proceso ya que muchas veces esta contaminación provoca que las máquinas de corte se atoren dependiendo del grado de contaminación y el tipo de contaminante o bien se contamine el producto terminado con algún material extraño y esto provoque producto no conforme.

Pueden encontrarse varios contaminantes dentro de la materia prima, pero los más usuales son los palitos y hojas que se aumentan en la época de defoliación del árbol, pero a menudo este tipo de contaminación ocurre y se debe al manejo o al cuidado de la materia prima al momento de la pica y la recolección. Otros contaminantes comunes son la fibra de costal debido a que en las plantaciones en el momento de la recolección se utilizan costales para su transporte desde los árboles hasta el centro de acopio. Y el mas común contaminante es la tierra o el lodo que generalmente se genera en el momento del acopio y esto se debe a la infraestructura de la finca.

Para la recepción de la materia prima se debe de establecer criterios claros para segregar o no por el grado de contaminación la materia prima según cada marqueta inspeccionada por el muestrista de laboratorio. Estos criterios se pueden ver en la tabla IV que se muestra a continuación:

**Tabla IV. Criterios de contaminación de materia prima**

<b>Grado de Contaminación</b>	<b>Rango de Cantidad de Materia Extraña</b>	<b>Observaciones</b>
1	3 a 5	Levemente Contaminada
2	6 a 10	Contaminación media
3	11 a más materias extrañas	Excesivamente contaminada

Fuente: Investigación de campo

### **3.2 Clasificación de fincas proveedoras de materia prima de acuerdo a valores de propiedades físicas**

Es tal la importancia de una buena separación al momento de la recepción y almacenaje en planta, que se debe de definir una clasificación interna de materia prima según las propiedades físicas de cada una de las fincas proveedoras, limpieza o grado de contaminación y por tipo de materia prima (calidades primarias y secundarias) por su origen o forma de recolección. Esta separación se debe realizar en base a un criterio que permita los resultados deseados con respecto a la disminución del producto terminado no conforme al final del proceso. A esta clasificación de la materia prima se le llamará clase, y se tendrán que identificar las fincas proveedoras según su clase tal y como se muestra a continuación:

#### **3.2.1 Fincas clase A**

Es toda aquella materia prima que está totalmente libre de cualquier contaminación, que además debe de cumplir con la particularidad de contener sólo chipa 10. Las fincas clase A puede contener dos diferentes clasificaciones dentro de la misma clase y cada una de estas clasificaciones se debe a los valores de las propiedades físicas que posee, esto debido a que lo más se valora en esta clase es su grado de limpieza y que la chipa

haya sido específicamente coagulada (CH 10). Es necesario tener identificadas las propiedades físicas de esta clase por lo que se diferencia por el color. El color identifica verde toda aquella materia prima que tenga propiedades de plasticidad inicial (Po) arriba de 30 unidades y el índice de retención de plasticidad (PRI) superior a 50 unidades. El color amarillo identificará toda materia prima con valores de Po menores a 30 unidades o valores de PRI menores a 50 unidades o bien que no se tenga identificado pero por su grado de limpieza sea necesario colocarla en esta clase.

Para ser materia prima clase A, debido a que esta clasificación lo que más aprecia es su grado de limpieza, en la plantación se deben de realizar esfuerzos grandes en su manejo, pero que a la larga no es más que estar consciente de la importancia de un buen manejo, acopio y transporte de la materia prima. Este es un trabajo que se debe de realizar en conjunto entre la plantación y la procesadora ya que la retroalimentación y apertura es la clave para el éxito.

### **3.2.2 Fincas clase B**

Las fincas que se clasifican en esta categoría tienen la particularidad que deben de tener los valores de plasticidad inicial (Po) y de índice de retención de plasticidad (PRI) más altos. Los valores de Po deben de ser mayores a 30 unidades y los de PRI mayores a 50 unidades. Esta clase puede contener tanto chipa de primera (CH 10) como chipa de segunda (CH 20). Además puede estar con valores aceptables de contaminación (esto definido directamente por los criterios de muestreo) que en dado caso se identificará con el color blanco, o bien contaminada que en tal caso será identificado con el color rojo que indica que hay que realizar un trabajo de limpieza y liberación de dicha limpieza previa a su utilización para el proceso.

### **3.2.3 Fincas clase C**

Las fincas que se clasifican en esta categoría tienen los valores medios en lo que a Po y a PRI se refieren. Para fines de mezclas para el proceso se requiere menor cantidad de este material debido a sus valores de Po y PRI. Los valores que determinan esta clasificación son para el Po menores a 30 unidades pero mayores a 24 unidades, y en PRI los valores pueden ser menores a 50 unidades; de tal manera que si el Po es mayor a 30 unidades pero el PRI es menor a 50 unidades entra en la clase C, ya que la materia prima tiene que cumplir con las dos propiedades en los valores mínimos o máximos especificados por categoría.

De igual manera que la chipa clasificada como B esta clase puede tener tanto chipa de primera como chipa de segunda, y contener también materia prima con nivel aceptable de contaminación o bien contaminada, en tal caso la materia prima aceptable se identificará con el color amarillo y la contaminada con el color rojo para su limpieza y liberación previa a su entrada en el proceso de producción.

### **3.2.4 Fincas clase D**

Las fincas clase D serán todas aquellas que entreguen materia prima con los valores más bajos de Po y PRI por lo que para las mezclas del producto terminado se debe de tomar únicamente una mínima parte de esta materia prima, todo esto bien definido en la planificación de las mezclas por tipo de producto a procesarse. La materia prima que entra en esta clasificación es aquella que tiene valores de Po menor a 24 unidades y valores de PRI menores a 50 unidades.

También existe la separación H y WF, pero estas directamente se refieren a la separación de la hilacha (H) y al coágulo de finca (WF) las cuales no tienen definidos valores específicos de Po y PRI debido a que

para efectos de mezclas estos tienen una restricción la cual es que la mezcla que entre al proceso debe contener hasta un máximo de esta clase se materia prima.

A continuación en la tabla V se puede ver de manera gráfica la clasificación propuesta para la materia prima:

**Tabla V. Método propuesto de clasificación de materia prima.**

BODEGAS				
CLASE	TIPO DE MATERIA PRIMA	CRITERIO DE LIMPIEZA DE MATERIA PRIMA	MATERIA PRIMA CUMPLE Po & PRI ?	COLOR DE BODEGA
A	CH10	Totalmente Libre de Contaminantes	Po > 30 "y" PRI > 50	Verde
	CH10	Totalmente Libre de Contaminantes	Po < 30 "o" PRI < 50 "o" No se sabe	Amarilla
B	CH10, CH20	Aceptable. Menor a 3 materias extrañas por marqueta inspeccionada.	Po > 30	Blanca
	CH10, CH20	Más de 3 materias extrañas por marqueta inspeccionada. Es necesario limpiar antes de ingresar al proceso.	Po > 30	Roja
C	CH10, CH20	Aceptable. Menor a 3 materias extrañas por marqueta inspeccionada.	24 < Po < 30 PRI > 50	Amarilla
	CH10, CH20	Más de 3 materias extrañas por marqueta inspeccionada. Es necesario limpiar antes de ingresar al proceso.	24 < Po < 30 PRI > 50	Roja
D	CH10, CH20	Aceptable. Menor a 3 materias extrañas por marqueta inspeccionada.	Po < 24 PRI < 50	Amarilla
	CH10, CH20	Más de 3 materias extrañas por marqueta inspeccionada. Es necesario limpiar antes de ingresar al proceso.	Po < 24 < 50 PRI	Roja
H	Hilacha	Aceptable. Menor a 3 materias extrañas por marqueta inspeccionada.	NA	Blanca
	Hilacha	Más de 3 materias extrañas por marqueta inspeccionada. Es necesario limpiar antes de ingresar al proceso.	NA	Roja
WF	Coágulo normal	NA	NA	Blanca

Fuente: Investigación de Campo

### 3.3 Clasificación de la materia prima de acuerdo a su contenido de humedad

La materia prima se puede clasificar también por su apariencia la cual denota o guía de una manera visual su contenido de humedad. Esto

también se estipula para los criterios que debe de tener el muestrista de materia prima para la liberación de la misma a la hora de su separación. Esta actividad del muestrista debe de estar amparada por hechos tangibles que se establecen como criterios. Se define como criterios 3:

1. El primer criterio que se debe de tomar se da a la hora del corte que se realiza en las marquetas de chipa en el momento de la toma de muestra, ya que en este punto se puede observar la cantidad de líquido interno que llevan las marquetas que la finca está entregando a la planta procesadora.
2. Para destinar la materia prima a un determinado lugar en el patio donde se segrega la materia prima por estas características el muestrista debe de revisar el historial de DRC de la finca para complementar el segundo criterio.
3. El último criterio es el evaluar el DRC real, y situarlo dentro de la clasificación de materia prima seca, materia prima semiseca o materia prima fresca según los rangos que se pueden establecer a continuación en la tabla V.

**Tabla VI. Clasificación de la materia prima según frescura de la misma**

<b>Clasificación de Materia Prima</b>	<b>Rango de % de DRC</b>
Materia Prima Seca	67 - 75
Materia Prima Semiseca	60 - 66
Materia Prima Fresca	Menor a 60

Fuente: Investigación de campo

La importancia que se da a la separación de la materia prima por el criterio de humedad se debe a que el trabajar una materia prima con mayor humedad en la misma mezcla de una de menor humedad presenta problema de desuniformidad en el proceso de secado del caucho debido a que en las mismas cajas de secado puede ir materia prima húmeda la cual requiere una mayor temperatura para su secado y materia prima seca la cual requiere de menores temperaturas para retirar la humedad en la materia prima ya cortada. Esto puede presentar problemas revisando al final las propiedades físicas del caucho seco por haber sido expuesto en el proceso a altas temperaturas. Precisamente por esto es que es necesaria la separación de la materia prima por el contenido de humedad y así lograr introducir al proceso condiciones iguales o similares para reducir la probabilidad de producir un producto no conforme controlando todas las variables, pero lo más importante es uniformarlas más que sólo controlarlas antes del ingreso al proceso productivo.

La frescura de la materia prima no depende de que sea una entrega reciente o no sino que del porcentaje de hule seco (DRC) el cual es mayor en la materia prima que fue almacenada por mayor tiempo en el punto de acopio de cada plantación antes de entregarla a la planta procesadora. A este tiempo se le debe sumar el tiempo que se mantiene almacenada en los patios de materia prima de la planta procesadora hasta el momento de su procesamiento. Por tal razón su separación en patios de almacenamiento, y su evaluación a la hora de la ejecución de mezclas es necesaria, ya que esto debe de ser una guía para la persona encargada del proceso de producción para setear el equipo según la materia prima que integre la mezcla a procesarse.

### **3.3.1 Materia prima seca**

La materia prima seca tiene un mayor contenido de hule seco, y tiene en su contenido entre un 25% hasta un 33% de humedad por lo que las

temperaturas del proceso de secado necesarias para retirar toda el agua y dejar el 100% de caucho son menores. Por tal razón es muy importante ir trabajando en un primer lugar la materia prima más seca debido a que mejorará las condiciones de secado del proceso.

### **3.3.2 Materia prima semiseca**

La materia prima semiseca tiene un mayor contenido de humedad que la materia prima seca, su contenido de líquidos está entre un 34% hasta un 40%, por lo que las temperaturas del proceso de secado necesarias para retirar toda el agua y dejar el 100% de caucho seco son mayores y pueden causar degradación del hule si no son bien controladas. Esta materia prima semiseca puede disponerse si no hubiere material seco disponible en patio para efectuar las mezclas, pero lo importante para este sentido es tener bien claros los valores de temperatura y tiempo de secado que se debe dar con una materia prima con mayor humedad. Esto para no realizar cambios a prueba y error que al final dé variación a todo el proceso de secado y aumente la probabilidad de obtener un producto no conforme.

### **3.3.3 Materia prima fresca**

La materia prima fresca tiene en su contenido entre un 41% a un 45% de humedad (que en algunas ocasiones puede llegar hasta un 50% DRC), por lo que las condiciones de esta materia prima hace necesario su almacenamiento y seguimiento en patios hasta que esta pase a un estado de semiseco o seco para poder disponerla para la preparación de mezclas para ingresar al proceso de producción.

## **3.4 Método de segregación de materias primas**

Es importante definir un método para la segregación de las materias primas según los criterios descritos anteriormente, la propuesta se basa en

la separación de materias primas por sus calidades y frescura a través de la descripción del método y la identificación de las bodegas donde se almacenará la materia prima, así como su distribución para optimizar el espacio disponible ya que con la nueva separación son necesarios más espacios, pero de menor tamaño cada uno. La clave del éxito del proyecto es lograr siempre la separación por lo tanto la optimización de los espacios disponibles.

#### **3.4.1 Descripción del método**

La recepción inicia con la preclasificación de fincas según clase. Este documento debe contener el listado de las fincas que entregan su materia prima en la procesadora, este listado tendrá que contener las propiedades de Po y PRI con las que se ha recibido la materia prima con el objetivo de que se pueda realizar la separación por clase, de tal manera cada entrega que la finca realiza se pueda segregar a la clase que pertenece. Para esta separación por clase es necesario poder hacer el levantado de propiedades por las que se va a segregar el producto de cada una de las fincas, lo cual debe requerir un tiempo extraordinario de trabajo, pero siendo completamente necesario e indispensable para que la separación por propiedades se de. El listado de fincas segregada por propiedades que a su vez se traduce a clase de fincas es la entrada del proceso de separación de materia prima.

El tiempo del proceso de recepción, muestreo y ahora también de separación de materia prima por las propiedades físicas que posee desde su origen debe de ser el mismo establecido con el método original, por lo que se debe de ser eficiente en esta clasificación. Para tal efecto es clave la preclasificación de fincas por propiedades físicas (Po y PRI), ya que al momento de la clasificación no se tiene el tiempo para realizar los análisis necesarios al momento de la entrega y para constatar que la separación estuvo bien hecha el dato sólo se puede tener muchas horas después de la

entrega. Dicho todo esto queda claro que la preclasificación debe de ser un punto crítico para el éxito del nuevo sistema, por lo que debe de ser representativa de cada una de las entregas de la finca proveedora en planta, esto obliga a constantemente actualizar los valores de las propiedades físicas de la materia prima de cada una de las fincas proveedoras del listado y un proceso similar para cada finca nueva.

Para cada finca nueva que entregue materia prima en la procesadora de caucho o hule natural o bien por alguna razón no se encuentre en el listado, se debe definir un método de recepción diferente ya que tal preclasificación no existiría a la hora de la ejecución de la primera entrega de materia prima, por lo que se debe definir que la primera separación de cada proveedor de materia prima nuevo se dirija a la clase D, y que de esta entrega se derive todos los análisis necesarios para asegurar su entrada al listado de clasificación de fincas por clase de materia prima. Esto para que se asegure que en la siguiente entrega se tendrá una preclasificación de fincas confiable que asegure el sistema de segregación de materia prima.

Con lo anteriormente descrito está claro que el inicio del proceso es la preclasificación de fincas, la cual debe de estar disponible para que al momento de reportarse un vehículo en báscula, en este mismo momento se debe buscar en el listado y debe de ser clasificada la finca para que en la boleta de muestreo esté incluida la bodega de materia prima en que debe de ser separada según Po y PRI (B, C, D, H, WF). Luego del peso el vehículo pasa a la estación de muestreo donde se debe verificar clasificación por propiedades físicas, e iniciar con la inspección de la materia prima donde debe determinar si la materia prima está libre de contaminantes o no y grado de contaminación. Luego de esta primera inspección direcciona definitivamente a la bodega donde debe de descargar la finca (A, B, C, D, H ó WF) ya sea bodega normal o contaminada (rojo) para proceder al muestreo normal de la materia prima y continuar con el proceso normal de descarga. El único cambio en este punto es que el encargado de descarga y

almacenaje en patio con la información de bodega direcciona la materia prima al lugar que corresponde según clasificación asegurando así la separación.

Ya con la materia prima separada y almacenada en los patios se debe de tener un inventario que evidencie la cantidad por cada tipo de materia prima para poder realizar un programa de mezclas controladas que asegure el cumplimiento de las especificaciones del producto terminado a programarse. Esta planificación de mezclas debe de ir basada en criterios que ayude a lograr el objetivo de disminución de producto no conforme, y de gestión de cantidades de inventario de materia prima según bodegas. Estos criterios se pueden definir en la tabla VII que se muestra a continuación:

**Tabla VII. Porcentaje de cantidad para mezcla por bodega de materia prima, según producto a procesarse.**

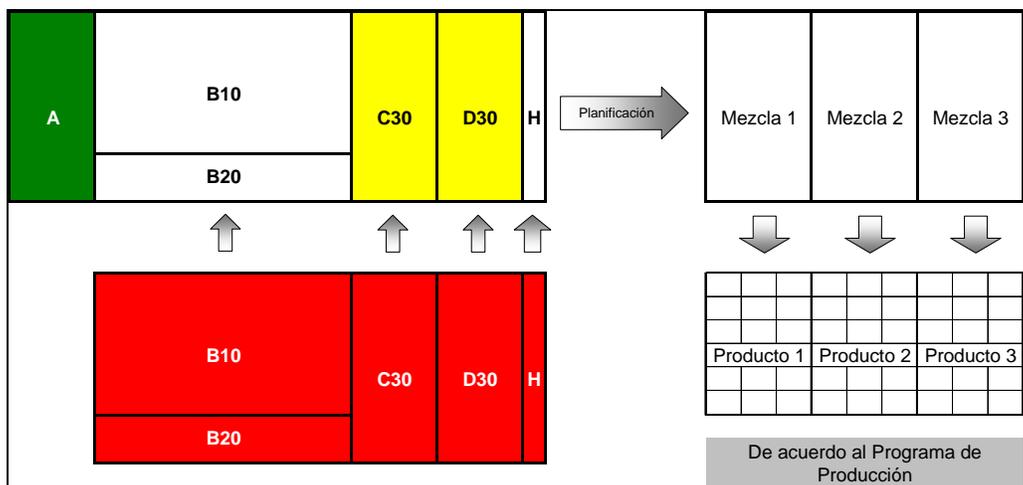
BODEGAS			PRODUCTOS		
CLASE	TIPO DE MATERIA PRIMA	COLOR DE BODEGA	Normales	Normales con limpieza controlada	De Viscosidad
A	CH10	Verde		60% Min	
	CH10	Amarilla		30% Max.	
B	CH10, CH20	Blanca	60% Min.		70% Min.
	CH10, CH20	Roja			
C	CH10, CH20	Amarilla	30% Max 20% de CH20		Chipa 20 20%-30% Max.
	CH10, CH20	Roja			
D	CH10, CH20	Amarilla	10% Max.		
	CH10, CH20	Roja			
H	Hilacha	Blanca	Puede contener Hilacha		Puede contener Hilacha
	Hilacha	Roja			
WF	Coágulo normal	Blanca	10% Max.	10% Max.	

Fuente: Investigación de campo

Luego de planificadas las mezclas, estas deben de ser ejecutadas para la producción de los productos terminados planificados en el programa semanal de producción. Una parte esencial del éxito del sistema debe ser la homogenización de las mezclas, ya que se debe de asegurar el cumplimiento de los porcentajes descritos anteriormente en cada parte de la mezcla tal y como vaya ingresando al proceso de producción.

Como se puede observar el proceso gestión de materias primas requiere de varios cuidados y movimientos desde la separación por contaminación o bodegas limpias, luego el de liberación de esa materia prima segregada por contaminación después de un trabajo de limpieza para luego poder efectuar cada mezcla de lo que se va a procesar. Por lo que la materia prima lleva varios procesos necesarios que se deben de realizar hasta estar lista para ser utilizada en el proceso, esto se puede ver fácilmente en la figura 17.

**Figura 17. Proceso de movimiento de materia prima desde su separación y liberación, hasta su mezcla y uso en la producción**



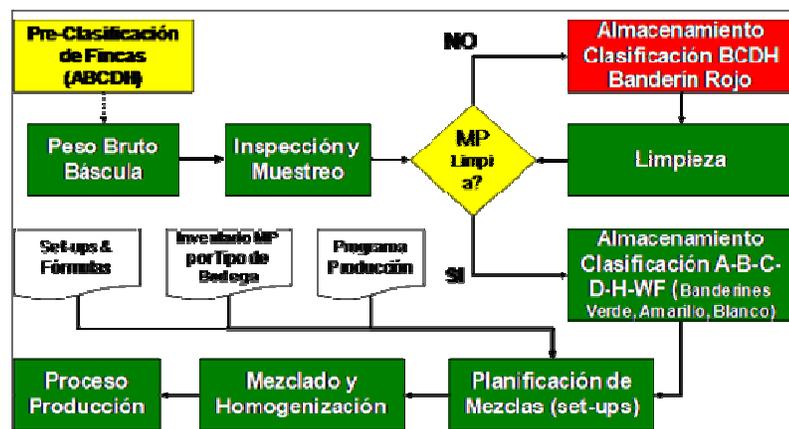
Fuente: Investigación de campo

A continuación de la homogenización de las mezclas planificadas y controladas se puede iniciar con el proceso de producción (según

prioridades de producción dictadas en el programa semanal de producción) con los procesos de corte y limpieza para finalizar con el proceso de secado, asegurando que con la gestión de mezclas se minimice el riesgo de procesar productos no conformes debido a la eliminación de variables extras que pueden desestabilizar el proceso productivo, dejando únicamente las inherentes al proceso de secado (tiempo y temperatura). En la figura 18 se puede observar el flujograma general del método propuesto.

**Figura 18. Flujograma Propuesto para recepción y separación de Materia Prima**

<b>Diagrama:</b> <u>Flujograma de las operaciones del proceso</u>	<b>Proceso:</b> <u>Recepción de Materia Prima</u>
<b>Método:</b> <u>Propuesto</u>	<b>Fecha:</b> <u>08 de febrero de 2010</u>
<b>Empresa:</b> <u>Procesadora de Caucho</u>	<b>Hoja:</b> <u>1 / 1</u>
<b>Elaborado por:</b> <u>Alejandro Antonio Lleresa Ruiz</u>	<b>Revisión:</b> <u>Original</u>



Fuente: Investigación de campo

### 3.4.2 Identificación de bodegas

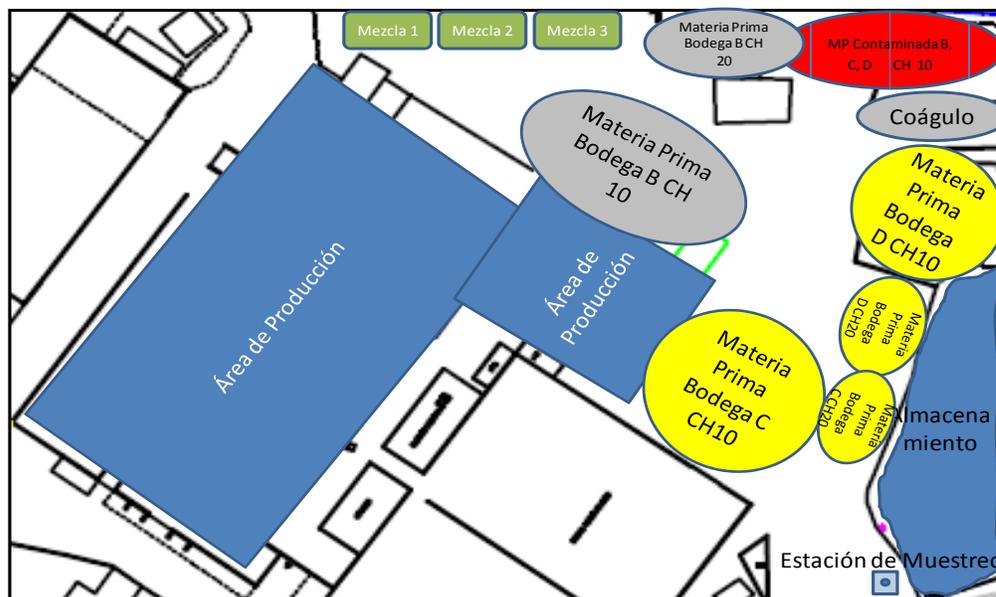
La identificación de bodegas es algo muy importante más que todo para llevar el control visual de cada una de las bodegas y evitar cualquier confusión que se pudiera dar a la hora de cualquier descarga, o bien en el momento de estar realizando alguna mezcla. Esta identificación se realiza por colores, y se puede observar en las tablas V y VII para cada una de las clases y tipo de materia prima. Físicamente cada bodega debe de

identificarse con un banderín con el color asignado a la bodega por clase y grado de contaminación.

### 3.4.3 Lay out propuesto para localización de bodegas de materia prima

Con la segregación de la materia prima es necesaria una redistribución del patio de materia prima, así como un ordenamiento lógico y que sirva de guía o base para separación de cada una de las bodegas, además de la asignación de un lugar para preparación de mezclas y almacenamiento de mezclas en cola para ser procesadas. Si bien es cierto que el espacio puede ser una limitante, se puede también realizar una redistribución de espacios disponibles para otras funciones diferentes al almacenaje para ampliar el área disponible para bodegas. Esta redistribución y asignación de espacios nuevos para bodegas de materia prima se pueden observar en la figura 19 de la propuesta para tal efecto.

**Figura 19. Distribución de espacios para bodegas y mezclas de materia prima (Lay out propuesto)**



Fuente: Investigación de campo

### **3.5 Requerimientos del cliente por tipo de hule**

Los requerimientos del cliente para cada uno de los hules que se procesan, están directamente relacionados con las especificaciones internacionales de los cauchos técnicamente especificados y los SMR (Standar Malasya Rubber, que significa cauchos estándar de Malasia).

#### **3.5.1 Especificaciones internacionales de los cauchos técnicamente especificados**

La transformación de los cauchos de los productos de la pica por granulación y secado rápido desembocó en producciones totalmente especificados: Cauchos técnicamente especificados presentados en pacas compactas de 33.33 Kg. Además, el sistema aplicado en Malasia desde 1965 se ha generalizado y normalizado de acuerdo con los criterios indicados en la figura 20. Estas especificaciones se basan en criterios de calidad directamente explotables por parte de los usuarios.

Figura 20. Especificaciones del caucho según la norma ISO 2000 –  
1978

Características	Límites para clases de caucho					Método de prueba
	5 L	5	10	20	50	
	Código de colores					
	Verde	Verde	Café	Rojo	Amarillo	
Contenido de impurezas, %, (m/m) retenidos en tamiz de apertura de malla 45µm, máx..	0.05	0.05	0.10	0.20	0.50	ISO 249
Plasticidad inicial, min. ....	30	30	30	30	30	ISO 2007
Índice de retención de plasticidad, min. ....	60	60	50	40	30	ISO 2930
Contenido en nitrógeno*, % (m/m) máx. ....	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	ISO 1656
Contenido en materias volátiles**, % (m/m) máx. ....	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	ISO 248 Método por secado a 100 ± 5°C
Grado de cenizas**, % (m/m) máx. ....	0.6	0.6	0.75	1.0	1.5	ISO 247
Índice de color, máx. ....	6					ISO 4660

Fuente: El caucho natural, P. Compagnon

Desde enero de 1979, los productores malayos presentan sus cauchos a la venta de acuerdo con un esquema que no sustituye la clasificación ISO, pero la completa al introducir calidades especiales (cauchos de viscosidad controlada CV y de baja viscosidad Lv). El esquema SMR se representa en la figura 21.

**Figura 21. Especificación de los cauchos compactos de Malasia  
(SMR)**

	Origen del caucho								
	Caucho <i>off</i> -látex					Mezcla	Cauchos secundarios y coagulados diversos		
Designación Viscosidad estabilizada Realización de un reograma	CV si si	LV si si	L no si	WF no si	5 no no	GP si si	10 no no	20 no no	50 no no
Características según los métodos ISO :									
• Impurezas maxi % en peso	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.10	0.10	0.20	0.50
• Nitrógeno maxi % en peso	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
• Materias volátiles maxi % en peso	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
• Plasticidad WALLACE "Po" (mínimo)	—	—	30	30	30	—	30	30	30
• PRI (mínimo)	60	60	60	60	60	50	50	40	30
• Límite de color Lovibond	—	—	6	—	—	—	—	—	—
	50 ± 5								
• Viscosidad Mooney MC (1' + 4' a 100 °C)	60 ± 5 70 ± 5	50 ± 5	—	—	—	65 ± 7	—	—	—
• Cenizas maxi % en peso	0.50	0.50	0.50	0.50	0.60	0.75	0.75	1.00	1.50
Color de las marcas exteriores	Negro	Negro	Verde claro	Verde claro	Verde claro	Azul	Café	Rojo	Amarillo
Color de las bandas plásticas en el caucho	Anaranj.	Magenta	Transp.	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco

- L : Caucho de látex deliberadamente coagulado, de índice de color garantizado
- WF : Caucho de látex deliberadamente coagulado
- 5 : Caucho proveniente de hojas ahumadas o no insuficientemente secadas o retransformadas
- GP : Compuesto de 60% de caucho de látex deliberadamente coagulado y de 40% de calidades secundarias
- Rojo azulado

**Fuente: El caucho natural, P. Compagnon**

### 3.5.2 Aplicaciones de los diferentes tipos de cauchos

Actualmente se fabrican miles de artículos de caucho para usos muy diferentes. El caucho es ampliamente utilizado en la fabricación de neumáticos, llantas, suelas de zapato, mangueras, alfombras, artículos impermeables y aislantes, por sus excelentes propiedades de elasticidad y resistencia ante los ácidos y las sustancias alcalinas, por lo que el caucho es una propuesta como aislante en la industria motora.

Es repelente al agua, aislante de la temperatura y de la electricidad. Se disuelve con facilidad ante petrolatos, bencenos y algunos hidrocarburos por lo que también se utiliza como pegamento o base para fabricar los mismos, y todo artículo similar como cintas adhesivas.

El caucho natural suele vulcanizarse, proceso por el cual se calienta y se le añade azufre o selenio, con lo que se logra el enlazamiento de las cadenas elastómeros, para mejorar su resistencia a las variaciones de temperatura y elasticidad. El proceso de vulcanización fue descubierto casualmente en 1839 por Charles Goodyear, quien mejoró enormemente la durabilidad y la utilidad del caucho. Actualmente más de la mitad del caucho usado hoy en día es sintético, pero aún se producen varios millones de toneladas de caucho natural anualmente, ya que se realizan mezclas de hule sintético con caucho natural para lograr mejor funcionalidad en los compuestos de la industria.

Los cauchos con viscosidad controlada se diferencian de los cauchos normales en que la viscosidad no aumenta en el tiempo ya que se estabiliza con el uso de algunos aditivos desde el momento de su beneficiado.

### **3.5.3 Definición de la política de mezclas por tipo de producto**

La política de mezclas se refiere al manejo que se debe de dar a las mezclas de la materia prima, cada cuanto se debe de hacer una mezcla, que clase de materia prima debe de contener la mezcla para alcanzar los resultados planificados, además de la revisión constante que debe de haber de los resultados que de la mezcla en el proceso de producción para saber el resultado que ha dado la misma. Se refiere también a la definición de los porcentajes da cada tipo o clase que debe contener la mezcla esto manejado por su respectiva bodega.

#### **3.5.3.1 Trazabilidad de la materia prima**

La trazabilidad de la materia prima es importantísima, y se refiere tanto a la materia prima que se utiliza durante el proceso de producción por bodegas y también se refiere a la trazabilidad de la mezcla que es utilizada en el

proceso. Esto es necesario para tomar acción sobre cualquier desviación y saber cuál materia prima pudo haber ocasionado el problema de proceso o bien para la mejora del proceso con respecto a los porcentajes de composición de cada bodega utilizada para las mezclas, ya sea para poder aumentar o disminuir según sea el requerimiento.

### **3.5.3.2 Validación de la política de mezcla a través de resultados de laboratorio de producto terminado**

Esta validación de la política de mezcla debe de ser constante durante el proceso de implementación, para definir con seguridad los porcentajes que se tendrán de cada materia prima. En el método propuesto se define el punto de partida del sistema, pero la validación sólo se puede dar en un proceso normal que se debe de dar durante la implementación. Pero una vez implementado no significa que no se deba de monitorear los resultados ya que las condiciones pueden cambiar y podría ser necesaria la revisión de dichas políticas, por lo que debe de implementarse como un procedimiento normal la validación de las políticas constantemente esto se puede lograr únicamente realizando un cruce de datos periódico de lo planificado con los datos reales de proceso, analizados por el laboratorio tomados al producto terminado. Al convertirse en una práctica dicho procedimiento se transforma en una herramienta de control para la mejora continua del proceso.

La parte esencial que no debe faltar en toda la validación son los datos de Po y PRI de la mezcla y compararlo directamente con el Po y PRI del producto procesado con dicha mezcla.

### **3.5.3.3 Procedimiento de homogenización de la materia prima**

La homogenización de la materia prima es clave para todo el proceso de mezclas, ya que se refiere a lograr la uniformidad de materia prima en cada parte de la mezcla. Se debe de definir un procedimiento de homogenización que sirva como guía para ejecutar cada mezcla, para que los operadores encargados de dicha función realicen las mismas de manera estándar y se asegure que se efectúen siempre de la misma forma. La base para tal procedimiento debe ser el enfoque en asegurar partes iguales, tanto al inicio como al final de la mezcla ya conformada, para que los valores que se obtengan de Po y PRI de ésta sean estables a lo largo de todo el proceso de producción.

### **3.5.4 Trazabilidad de las fincas proveedoras de materia prima**

Se debe de lograr tener la trazabilidad de las fincas y de la materia prima que entrega cada finca. Para dar la retroalimentación y el seguimiento necesario de cada una de estas materias primas que se reciben en la procesadora, por lo que es necesario el control de la materia prima por tipo de finca y bodega en la que se clasificó para que a raíz de la trazabilidad de mezclas se pueda hacer el recuento hacia atrás para lograr saber a qué entrega corresponde tal material.

## **4 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO**

En esta etapa se debe de asegurar que todos los puntos de la propuesta sean llevados a cabo, y es la etapa donde se puede moldear la propuesta en aquellos puntos que necesiten un reacomodo que se aplique a la realidad y necesidades del proceso. De tal manera la implementación no es más que llevar a cabo la planificación definida en la propuesta combinada con la evaluación, control y mejora de la misma en un período determinado de tiempo que asegure la sistematización del método.

La implementación del sistema es la parte más importante, ya que en esta se materializa todo el diseño y es donde realmente se termina de moldear en la puesta en práctica del mismo y en la ejecución de las distintas actividades para llevar a cabo el desarrollo de lo planificado.

Para obtener éxito en cualquier actividad que se emprenda es básico tener un plan de ejecución con actividades colocadas de forma lógica, secuencial y con un orden cronológico que ayude a darle seguimiento al logro de metas o cumplimiento de las distintas etapas en las cuales se subdivide el proyecto diseñado. De tal manera es que se logra la implementación en sus distintas etapas en las cuales es necesario ejecutar, observar y evaluar resultados para mejorar o bien saber el éxito que tendrá dicho plan o bien poder mejorar lo diseñado. Lo que no se puede medir no se puede controlar y lo que no se puede controlar no se puede mejorar, de tal manera que se debe de materializar la medición y esto sólo se logra a través del seguimiento al plan.

Para el sistema de gestión de la materia prima se realizó un desglose de etapas de las que a su vez se derivan una serie de actividades puntuales

para el logro de su implementación las cuales podemos ver en el detalle de las mismas. Lo primero que se realiza es el desglose de dichas etapas en donde de manera general se puede tener una breve descripción de lo que se trata cada una y las principales actividades para llevarlas a cabo.

1. Etapa inicial que es en la cual es necesario definir todos los parámetros y criterios para la separación y se obtiene de recabar todos los datos iniciales de plasticidad inicial ( $P_o$ ) e índice de retención de la plasticidad (PRI) de todas las fincas proveedoras de materia prima de la planta procesadora. En esta etapa se debe de considerar el tiempo necesario para toda la toma de muestras para los respectivos análisis de laboratorio y la corroboración de los datos. Esta etapa es muy importante porque en este momento es que se debe de realizar la preclasificación de las fincas que dará inicio a todo el trabajo de separación o segregación de la materia prima por sus propiedades físicas que es la médula espinal del proyecto. En este momento es cuando también se deben generar las bases de datos y los listados como herramienta de apoyo en la recepción, información que tendrá que ser revisada para cada una de las entregas o recepciones. Para el desarrollo de todas las actividades concernientes a esta etapa se requiere un aproximado de 2 meses y medio para generar todos los datos necesarios. Se debe de tomar en cuenta que esta actividad de preclasificación se logra a medida que se vaya recibiendo la materia prima ya que las muestras deben ser tomadas en el momento de las primeras entregas a partir del inicio del proyecto, ya que estos datos son totalmente nuevos y no se generará la base de datos complementándose en el transcurrir del tiempo por lo que la continuación de las siguientes etapas es independiente a la culminación de esta.

2. La segunda etapa debe de ser la relacionada con la definición de todos los espacios físicos y delimitación de los mismos para el almacenamiento de cada una de las clases de materia prima que se recibirá en la planta procesadora de caucho. En esta etapa debe de incluirse todo lo concerniente a la fabricación de los banderines de identificación que inicia con la determinación de la cantidad de banderines a manejarse para tener una correcta y eficiente separación que no permita confusión en el momento del proceso normal, así como el tamaño y los colores especificados en el diseño. También los tamaños y señalización de cada una de las bodegas de mezclas así como los espacios para el almacenamiento de cada una de las bodegas de clase de materia prima. Esta etapa resume la definición del dónde realizar todos los trabajos de separación, mezclas e identificación. Dado esto se debe de redistribuir los actuales espacios y el plan debe ser el trabajo desde el inicio hasta la culminación de 5 meses en los cuales lo primero debe ser el aprovechamiento de lo que actualmente se tiene, para dar el inicio al proyecto y sobre el desarrollo de la implementación ir formalizando la finalización de todos los trabajos programados y detallados para una correcta modificación y ajuste del área.
  
3. Para luego tomar una tercera y última etapa general que debe incluir todo lo que a capacitación y entrenamiento a todo el personal involucrado se refiere. Esta capacitación y entrenamiento debe de ser según el puesto o la operación de una manera personalizada ya que según los procedimientos de trabajo definidos así también será la necesidad de mayor profundización en los mismos. Y es en esta etapa de implementación donde se debe de lograr y echar en marcha todas estas actividades nuevas para los procesos de producción, recepción y almacenaje de materia prima. Los temas indispensables a abarcarse dentro de

este plan de entrenamiento, deben de ser todos aquellos relacionados a los criterios de separación, uso de herramientas y listados elaborados de las clases de las fincas, preparación de las mezclas, homogenización de la materia prima para su uso en el proceso productivo, control y manejo de inventario según bodegas de clase, identificación de productos utilización del espacio en planta y en patios de almacenaje así como la nueva distribución del mismo, manejo de materiales según el primero en entrar, primero en salir entre otros. Todo lo descrito en esta etapa se refiere a lograr materializar el cómo hacer el trabajo y cómo lograr ejecutar de buena manera todas las actividades diarias necesarias para el desarrollo del nuevo sistema de gestión de materias primas desarrollado y así lograr el cumplimiento satisfactorio de todos los objetivos planteados.

#### **4.1 Control de cantidad por tipo de materia prima**

Este control debe de ser llevado con el fin de asegurar la disponibilidad de las mezclas que se utilicen para el cumplimiento del programa semanal de producción, ya que cada uno de los productos a procesarse deben de cumplir con los porcentajes de cada clase de materia prima definidos en la política de mezclas.

##### **4.1.1 Según política de mezcla**

La política de mezclas de materia prima se debe definir de la siguiente manera:

1. Toda materia prima que se reciba en la procesadora debe de ser separada por sus valores de Po y PRI por los cuales se dividen las fincas proveedoras por clases A, B, C, D, H y WF. No se puede

utilizar en una mezcla una materia prima que antes no haya sido clasificada.

2. Se debe de asignar una bodega según la separación por clase a toda materia prima para su almacenaje desde su ingreso a la planta procesadora, para no crear desorden en las descargas de las fincas proveedoras o alguna confusión que impida llevar el orden correcto de los inventarios de materia prima por clase.
3. No puede tenerse bodegas revueltas en los patios de materia prima, ni debe de juntarse dos o más bodegas sin previa autorización del encargado de la producción y almacenamiento.
4. Sólo personal capacitado está autorizado para realizar las mezclas que se usarán en producción.
5. Las mezclas se ejecutarán a través de una programación de mezclas derivada del programa semanal de producción únicamente.
6. Se debe de respetar los porcentajes de cada tipo o clase de materia prima a la hora de la preparación de una mezcla. Estos porcentajes se refieren a los máximos y mínimos para cada tipo de producto a procesarse definidos en la tabla VII del capítulo 3 de este documento.
7. Para la preparación de mezclas únicamente se puede utilizar materia prima libre de contaminación, lo que significa que no se puede destinar para ninguna mezcla bodegas con banderín rojo.
8. El método para la formulación y preparación de mezclas debe de tomarse en cuenta que las mezclas siempre deben de ser preparadas con la materia prima más seca en almacenaje.
9. Para cada producto que se procese debe asegurarse que se utilice la mezcla adecuada.

10. Las bodegas de almacenamiento de materia prima siempre deben de ser identificadas con banderines del color a la que pertenezcan definido también en las tablas VI y VII.

Es importante que para poder programar la producción se lleve un control de la cantidad de cada tipo de material debido a que con este inventario controlado, es posible programar la calidad del producto a procesar a través del correcto manejo de los porcentajes de cada bodega para la respectiva mezcla.

Con el manejo correcto de los inventarios de materia prima por su clase, se asegura el cumplimiento de compromisos preestablecidos por el departamento de ventas de la procesadora; pero lo más importante es el poder anticipar productos que puede comprometer en contratos futuros según las disponibilidades y los pronósticos de recepción de cada una de estas calidades obtenidos por una previa clasificación de fincas y la estadística de sus entregas.

Es de suma importancia la actualización de las existencias, llevando un control de la materia prima utilizada en cada mezcla en espera de procesarse, en proceso y las entradas según las entregas de las fincas proveedoras porque de esto dependerá el cumplimiento a la planificación de cada mezcla que se debe de realizar conociendo el producto a procesarse que a su vez se convierte en una limitante para la planificación de la producción de futuras semanas. Como se puede ver la cadena empieza con una correcta separación del material pero continúa con el control de cantidades disponibles con las que se planifica el inicio del proceso de producción del cual dependen los compromisos que la procesadora adquiera con cada uno de sus clientes de productos terminados.

## **4.2 Programa de mezclas de materia prima**

El programa de mezclas se deriva del programa semanal de producción el cual es preparado según varios criterios entre los cuales se encuentran las cantidades disponibles de cada tipo de materias primas y la política de mezclas donde se estipula la combinación de porcentajes que se puede utilizar de cada una de las mismas para completar la mezcla que de cómo resultado un producto con las calidades especificadas por cada uno de los clientes de la procesadora.

El manejo de las mezclas para la producción se convierte en una herramienta importante ya que es un subproceso nuevo del proceso de producción de la procesadora, y la sistematización del mismo depende del cumplimiento de los requisitos para que el mismo funcione. Los requisitos que debe de cumplir este subproceso es el de primero que nada cumplir a cabalidad lo estipulado en la política de mezclas, lo cual es clave para lo que se deriva de este, por lo que no es válido irrespetar la política debido a falta de inventario de algún tipo de materia prima o por el contrario incrementar en cantidades lo estipulado como máximo por tener un excedente de otra. Esto más bien requeriría de un análisis ya que evidenciaría un mal manejo en las cantidades de cada tipo para la formulación de las mezclas. Para asegurar que se mantiene implementado el sistema es necesario que cada paso del sistema propuesto se cumpla y donde éste requiera revisión, que la misma se dé. Para la correcta programación de mezclas de materia prima se debe de seguir los pasos que a continuación se describen.

### **4.2.1 Programa de producción**

En este se define el tipo de caucho a procesar, la cantidad y el día programado para su producción; por lo que es una guía para preparar los tipos de mezclas necesarios y la composición de cada materia prima que debe contener para su cumplimiento.

El programa de producción es semanal y se debe de tener realizado por lo menos 2 días antes del arranque de la producción para que dé el tiempo necesario de preparar las mezclas para la producción. Esta información sirve también para conocer la cantidad de mezclas a preparar para cumplir con los productos a producir durante la corrida de producción.

Para poder realizar el programa de producción es necesario conocer los inventarios de materia prima con que se cuenta y esto actualizado por tipo, además de los inventarios de mezclas sobrantes de otras corridas y la composición de las mismas. Para lograr este control cada una de las mezclas tiene que estar bien identificada.

#### **4.2.2 Planificación de mezclas**

Una vez se tiene el programa de producción se puede realizar la planificación de las mezclas, la cual debe de contener la cantidad de mezclas que se debe de preparar de cada tipo, también se debe definir el tamaño de cada una de las mezclas y cómo se utilizarán esas mezclas es decir el momento en el cual se deben de utilizar según el día estipulado para la producción del producto que deben cumplir. Además de esto se planifica que tipos de mezclas preparar y la composición que debe de llevar cada uno de las diferentes clases de materias primas según la disponibilidad de cada una de las bodegas.

La correcta planificación de las mezclas es el paso más importante del proceso debido que es en este momento donde se destina la materia prima para los diferentes productos. Es de esta planificación de mezclas que depende el cumplimiento de los requisitos de las propiedades físicas de los diferentes productos terminados.

#### **4.2.3 Comunicación y aseguramiento del cumplimiento del programa**

La comunicación del programa se debe de realizar de manera clara, y que además de la impresión se explique las prioridades al encargado del proceso para que acorde a las mismas se realice la ejecución de la producción de la semana.

#### **4.2.4 Sistemas de control de mezclas**

Los controles definidos a llevarse son necesarios debido a que a través de estos es que se le dará seguimiento a las mezclas para cada uno de los productos a procesar según la calidad requerida y las necesidades del proceso de producción mismo. Los controles definidos como necesarios se presentan a continuación:

1. La trazabilidad de mezclas que se refiere directamente a la composición de la mezcla por tipo de bodega y cantidad agregada de cada una de estas. Esta trazabilidad de mezclas es la base para cualquier seguimiento que se le quiera dar al comportamiento de la mezcla debido a que con la composición por bodega se puede definir el origen de la misma y se puede identificar incluso algún problema preciso de alguna de las fincas proveedoras a tomarse en cuenta para la próxima recepción de esta materia prima o bien a la próxima formulación de mezcla.
2. El correlativo de mezclas que es el que indica qué mezcla toca procesar, además que es el número que debe de ir en adelante acompañando la trazabilidad completa del producto. Es el número con el cual se identifica a la mezcla en sí y que ahora nombra a la materia prima utilizada para la producción del producto. De tal manera que para cualquier necesidad de investigación por seguimiento lo primero

que se necesita es el número de mezcla para iniciar el rastreo de la misma.

3. La bodega de mezcla es un número que localiza la mezcla que está tanto en producción así como la que está en espera de ser utilizada, prácticamente es la que ayuda a ubicar la mezcla en el patio de materia prima.

### **4.3 Sistema de información**

El sistema de información es importante en esta etapa de implementación ya que es el que ayudará a sistematizar el proceso de separación de las materias primas hasta su control por bodegas de clases y mezclas debido a que todo movimiento debe de quedar registrado en el sistema de computo de la procesadora, y este es una llave para que cualquier transferencia de materia prima se de tanto en su recepción como en su mezclado y posterior proceso. El sistema de información es prácticamente crucial ya que con los programas diseñados se logra el asegurar el cumplimiento del sistema de gestión de materia prima porque debe de estar diseñado para que sea necesario realizar los movimientos en el sistema antes de cualquier movimiento físico, y esto se logra amarrando el momento cuando pesa el camión como inicio del proceso de gestión de mezclas por calidades estableciendo llaves necesarias para continuar con el proceso normal.

#### **4.3.1 Sistema de inspección de la materia prima**

Este se refiere a que cada entrega va amarrada al sistema de información el cual debe de controlar o solicitar los datos a ingresarse de cada finca como suciedad, frescura y lo más importante que el mismo es el que le da al muestrista la preclasificación por bodega (A, B, C, D, H y WF) para que se asigne según registro en el sistema de la finca proveedora o

bien la solicitud de datos de Po y PRI si fuese la primera entrega o bien no se tuvieran dichos datos de la finca en la procesadora, que en este caso se asigna la materia prima a la bodega D según el método propuesto.

Para el efecto de actualización de los datos de Po y PRI el sistema solicita semestralmente una validación de los datos de estas propiedades físicas para asegurar que la clasificación se mantiene, o bien si es necesario un rechequeo debido a que la materia prima debe pasar de una clase a otra. Este es el caso tanto de las fincas que mejoran las propiedades físicas de la materia prima que entregan a través de mejoras en la recolección y coagulación o aquellas en las cuales estos datos de Po o PRI bajan por distintas razones entre las que se puede mencionar un cambio de pica, ingreso de nuevos árboles a pica, cambio en la coagulación, nuevos clones entre otras. Lo importante es que el sistema ayuda a no dejar por un lado todo esto que es normal por la naturaleza misma del producto.

#### **4.3.2 Control de inventarios de materia prima por bodegas de materia prima**

El inventario de materia prima por tipo de producto es un reporte que se debe de llevar a través del sistema ya que sería prácticamente imposible o muy engorroso llevar el control de existencias en hojas de cálculo nada más.

Se debe de reportar cada salida de bodega para mezcla a la hora de la preparación de las mismas según los programas de mezclas. Este será el único movimiento que debe cargar en el sistema el encargado de patio debido a que el ingreso de la materia prima recibida en recepción se da de manera automática en el momento de la recepción desde el peso reportado al sistema en báscula. Los inventarios de la cantidad de materia prima por bodega en mezcla serán llevados y controlados por el sistema a la hora de reportarse la ejecución de la mezcla, y descargado de materia prima a la

hora del reporte de producción de producto terminado al final del proceso y así se logrará su debido control.

### **4.3.3 Bodegas de mezclas**

Las bodegas de mezclas son controladas y manejadas por medio del sistema estas deben de ser actualizadas en el momento de su finalización en patio y en el momento de ingreso al primer paso de corte del proceso así como también con la última tarima de producto terminado procesado y reportado en el sistema de información. Esto asegura la trazabilidad de las mezclas y la información actualizada para cualquier uso que se requiera de la misma como lo son los reportes de inventario actualizado de materia prima.

Es importante este control llevado por el sistema de cómputo de la procesadora debido a que con el mismo se asegura tanto el abastecimiento como el manejo de las distintas mezclas según el producto que se vaya a producir. Esta información es muy importante debido a que es una de las principales entradas de información para poder elaborar el programa semanal de producción y lo más importante asegurar la ejecución del mismo tanto en cantidades como en calidades.

Además del control de mezclas en el sistema es importantísima la ubicación física de cada una de las mezclas preparadas para el cumplimiento de la producción ya que sin una correcta identificación dichas mezclas corren el riesgo de ser confundidas y provocar problemas dentro del proceso de producción. Es aquí donde radica la importancia del correcto manejo y del orden para la utilización de cada una de las mezclas preparadas. El sistema a utilizarse será el sistema de manejo de inventario del primero en entrar primero en salir que asegura la utilización de la primera mezcla preparada y luego la siguiente y así sucesivamente según el producto que se esté procesando. Además de un correcto manejo de

materias primas este método asegura uniformidad de condiciones durante el proceso de secado.

Según sea la disponibilidad de mezclas y los productos programados según la planificación semanal de producción así será también el número o cantidad de mezclas a requerirse para su previa preparación. Es el sistema el que dicta qué mezcla es la que debe de utilizarse para ser registrada en cada consumo diario de producción. Si se requiere la producción de un determinado tipo de hule y no se tiene disponibilidad de mezclas previa, el sistema no podrá cargar los consumos y por ende no se podrá ejecutar la producción. He aquí la importancia de la actualización de cada mezcla en el sistema previo a la programación de la producción y por consecuencia el manejo diario de los inventarios de materia prima a través de las mezclas reportadas en el sistema de información.



## **5 EVALUACIÓN Y CONTROL DEL MODELO PROPUESTO**

En esta etapa se debe de realizar la parte de seguimiento para la continuidad del sistema ya implementado, esta continuidad sólo podrá darse a través de cerrar el círculo de la mejora continua pasando por las etapas de verificar y actuar ya que la planificación se da con el diseño del sistema propuesto y el hacer se da con la implementación del mismo.

### **5.1 Evaluación y control**

En esta etapa lo que se busca es dar continuidad al sistema a través de asegurar el cumplimiento por medio de los controles establecidos. Además es necesario evaluarlo constantemente de tal manera que se encuentren todas las oportunidades de mejora posibles del sistema y realizar planes de acción para atacar estos puntos débiles que aún pueda tener el mismo.

#### **5.1.1 Evaluación del desempeño del sistema**

La evaluación del sistema se debe de dar a través de la gestión por indicadores. En este caso, el principal indicador es el porcentaje del producto no conforme ya que todo el sistema va en relación a disminuir la cantidad de producto fuera de especificaciones por las distintas causas.

En la tabla VIII se puede observar la comparación del total en kilogramos producidos no conformes del año 2007, el mes de enero de 2008 y el período de implementación del sistema que abarca de febrero a diciembre de 2008 así como el porcentaje sobre el total de la producción. Esto demuestra la efectividad del sistema de separación de materias primas.

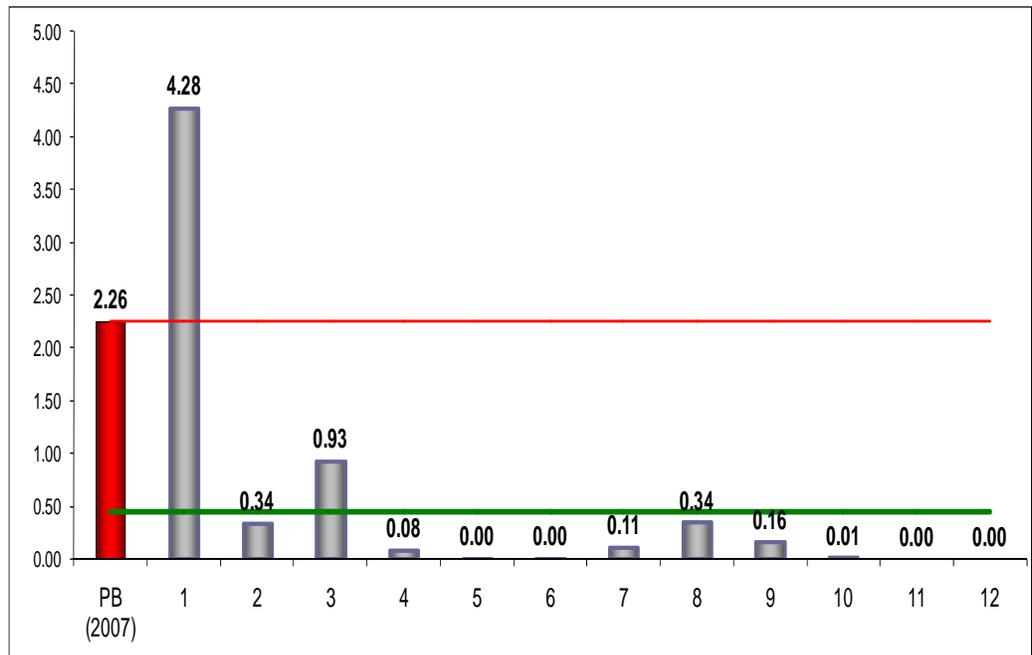
**Tabla VIII. Cantidad de producto no conforme total, año 2007 y mensual año 2008**

Año	Mes	Producción Producto No Conforme En Kgs.	Producción Producto No Conforme En %
2007	Año	347,098	2.26
2008	Enero	69,993	<b>4.28</b>
2008	Febrero	3,486	<b>0.34</b>
2008	Marzo	10,199	<b>0.93</b>
2008	Abril	1,000	<b>0.08</b>
2008	Mayo	67	<b>0.004</b>
2008	Junio	35	<b>0.003</b>
2008	Julio	1,963	<b>0.11</b>
2008	Agosto	6,300	<b>0.34</b>
2008	Septiembre	3,292	<b>0.16</b>
2008	Octubre	105	<b>0.01</b>
2008	Noviembre	0	<b>0.00</b>
2008	Diciembre	0	<b>0.00</b>
<b>Total Año 2008</b>		<b>96,440</b>	<b>0.53</b>
<b>Promedio Mensual</b>		<b>8,037</b>	<b>0.52</b>
<b>Meta</b>		<b>6,767</b>	<b>0.44</b>

Fuente: Propiedad de la empresa

En la figura 22 se puede observar la gráfica del porcentaje de producto no conforme para el año 2008. La primera barra representa el período base de comparación para el indicador de producto no conforme que es el total del año 2007, las siguientes barras enumeradas del 1 al 12 representan el porcentaje de cada uno de los meses del año 2008. La meta a alcanzar en el año 2008 está representada por la línea horizontal marcando el 0.44%, y se evidencia que gracias al sistema de gestión de materias primas implementado se logró alcanzar la meta en 10 de los 11 primeros meses de trabajo del mismo e incluso alcanzar resultados de hasta 0% de producto no conforme en 4 de estos 11 meses.

**Figura 22. Gráfica de porcentaje de producto no conforme, año 2008**



Fuente: Propiedad de la empresa.

### 5.1.2 Control del sistema

Se debe de continuar con los controles definidos tanto en el diseño como en la implementación del sistema. En la etapa de seguimiento se define una revisión por semestre de los valores de Po y PRI de todas las fincas proveedoras, y este es el control más importante, debido a lo crítico de la actualización y la validación de datos.

### 5.2 Análisis de resultados

Es necesario el análisis de resultados para poder saber si se están logrando los objetivos planteados al arranque del sistema. Es importante que todos los involucrados estén conscientes de la importancia que tiene el sistema de gestión de mezclas y que se apoderen del mismo comprometiéndose a la obtención de los resultados.

### **5.2.1 Retroalimentación a los involucrados**

La retroalimentación de los resultados debe de ser constante para que todos conozcan el avance del sistema. Además de las oportunidades de mejora de la evaluación del mismo ya que el equipo es el responsable de desarrollar los planes de acción que lleve al éxito del sistema.

Con respecto a la parte operativa del sistema de gestión de mezclas es de suma importancia esta etapa de retroalimentación, constante capacitación y adiestramiento sobre la operación tanto de la ejecución como la preparación de mezclas debido a que la conformación es una variable crítica para el proceso de producción de la cual depende mantener el proceso bajo control. De esta composición depende que todo el producto procesado esté dentro de las especificaciones requeridas. Por tal razón es que es clave el invertir el tiempo necesario para el seguimiento de estas actividades y que los responsables del proceso no se conformen con los controles y el seguimiento rutinario. Es necesario retomar constantemente los objetivos del sistema e involucrar a todo el personal haciéndolo partícipe de los mismos, para que cada uno con el aporte de su operación directa contribuya a su logro.

### **5.2.2 Análisis de causas para atacar las desviaciones**

Cuando ocurra una desviación en el proceso o bien un indicador que no muestre avance o evidencie un resultado negativo, de igual manera hay que reunirse con el equipo o bien con los involucrados para atacar la desviación analizando la causa raíz que originó el problema. Cuando se encuentra la causa raíz de un problema se tiene ya un 80% de avance para la solución del mismo, pero si no se invierte el tiempo necesario para realizar un exhaustivo análisis que identifique la causa raíz y sólo se atacan los efectos es muy probable que el problema siga durante mucho tiempo complicando la operación. Por tal razón, es importante que todos los miembros del equipo

entiendan y se enfoquen en encontrar siempre la raíz de los problemas, y que los análisis de causa se sistematicen para tenerlos como una herramienta indispensable de la gestión.

### **5.2.3 Planes de acción y compromisos para la mejora continua**

Los planes de acción tienen que derivarse de haber hallado la causa raíz. Estos planes de acción deben de tener acciones concretas a cumplirse enfocados a resolver esa causa raíz, deben de tener fechas de compromiso de entrega y responsable de llevarlos a cabo. Además se debe de dar seguimiento a las acciones ejecutadas y al avance de las mismas y evaluar que los resultados sean los planificados porque en determinado momento se deben de replantear o modificar para que logren su cometido.

## **5.3 Impacto en el costo**

Es evidente que la reducción de un producto no conforme debe de impactar positivamente en el costo, y esto se puede ver desde tres puntos de vista, los cuales son por un lado el enfoque de el proceso por el costo de calidad, la rentabilidad vista por el lado financiero y la satisfacción del cliente desde el punto de vista comercial.

### **5.3.1 Reducción del costo de calidad**

El costo de calidad se refiere directamente a la no calidad que en este caso es el producto no conforme y al costo en que se incurre para desarrollar productos que cumplan las especificaciones específicas y satisfagan las necesidades para determinado cliente de la procesadora, por lo que se considera como costo de calidad todo aquel producto no conforme que se incurra por estos esfuerzos. El caso de reducción del costo de calidad por medio del sistema de gestión de materias primas en la

procesadora de caucho se refiere directamente al primer caso que es la reducción directa de costes por la no calidad.

### **5.3.2 Rentabilidad**

En lo que a rentabilidad se refiere se puede desglosar en costos de producción más bajos, disminución en el costo de almacenaje y una mejor rotación de inventario. Las ventas de la empresa pueden mejorar también a través de no necesitar esfuerzos extras para mover un producto no conforme y a la vez a menor precio de venta que uno con el 100% de sus conformidades.

### **5.3.3 Satisfacción del cliente**

El cliente recibe productos estabilizados y uniformes en los valores de Po, PRI y viscosidad, además que con una calidad constante de los mismos. Es decir que los datos son repetitivos y consistentes.

Con este tipo de datos se forma en el cliente una lealtad a la procesadora a través del cumplimiento de sus requerimientos y la estabilidad de los productos que ofrecen.

## **5.4 Técnicas de mejora continua**

El círculo de la mejora continua que también es llamado ciclo PHVA contiene los pasos planear, hacer, verificar y actuar en el caso del sistema de gestión de materias primas la parte de planificar se realizó en el diseño, el hacer representa la implementación, y la verificación y el actuar se ve con la revisión de resultados, el análisis de los mismos y la generación de planes de acción.

Los pasos del Ciclo PHVA requieren recopilar y analizar una cantidad sustancial de datos. Para cumplir el objetivo de mejora deben realizarse correctamente las mediciones necesarias y alcanzar consenso tanto en la definición de los objetivos/problemas como de los indicadores apropiados. Pero es bien cierto que el ciclo no termina allí ya que después del actuar vuelve a empezar el ciclo con la planeación de nuevas actividades o bien generar acciones nuevas para la búsqueda de la mejora. Este método de constante cambio y búsqueda de la mejora para el sistema de gestión se puede observar a continuación con los pasos a seguir del ciclo.

#### **5.4.1 Planear**

En el momento de planificar se debe de tener en cuenta los siguiente:

- Involucrar en el proceso a la gente correcta.
- Recopilar los datos disponibles.
- Comprender las necesidades de los clientes.
- Estudiar exhaustivamente el/los procesos involucrados
- Evaluar si el proceso capaz de cumplir las necesidades. Si no se debe de desarrollar el plan y entrenar al personal para lograr el cumplimiento de lo planteado en el sistema de gestión de materias primas que necesite mejora.

#### **5.4.2 Hacer**

En el momento de hacer se debe de tener en cuenta los siguientes puntos:

- Implementar la mejora y verificar las causas de los problemas
- Recopilar los datos apropiados

### **5.4.3 Verificar**

En el momento de verificar se debe de tener en cuenta los siguientes puntos:

- Analizar y desplegar los datos
- Verificar si se han alcanzado los resultados deseados
- Comprender y documentar las diferencias
- Revisar los problemas y errores

### **5.4.4 Actuar**

En el momento de actuar se debe de tener en cuenta los siguientes puntos:

- Incorporar la mejora al proceso
- Comunicar la mejora a todos los integrantes de la planta procesadora involucrados en el sistema
- Identificar nuevos proyectos/problemas

## **5.5 Retroalimentación a fincas proveedoras**

La retroalimentación a las fincas proveedoras sobre sus valores de Po, PRI y limpieza es importante debido a que se debe de realizar la mejora desde el origen. Se puede obtener acciones claras que logren mejorar los valores de cada plantación a través de un trabajo en conjunto entre la planta procesadora y las fincas proveedoras de materia prima. Para que este trabajo en conjunto se dé es necesaria la comunicación efectiva tanto de un lado como del otro.

La retroalimentación es necesaria desde la primera entrega y durante el seguimiento. Se puede realizar acciones en el tipo de coagulación y métodos de la misma así como para la recolección, para lo que los expertos en esta materia pertenecientes a la procesadora pueden dar algunas recomendaciones después del análisis de cada plantación y a partir de este debe de iniciar el seguimiento a las acciones tomadas en cada finca.

El compromiso con la mejora de estos valores de propiedades físicas se debe lograr y es la procesadora la responsable de promover el mismo pero es necesaria la apertura de cada plantación para el mismo.

Actualmente se realiza notificaciones a las fincas que entregan materia prima grado de contaminación 2 y 3, y esto consiste en el envío de un correo al encargado de la plantación para que conozca las condiciones de entrega de la materia prima y pueda realizar un análisis de causa sobre la desviación de calidad en cuanto a contaminación se refiere, y que en conjunto con la procesadora se pueda diseñar un plan de acción que evite la recurrencia de la misma. Este es un método muy efectivo debido al impacto de conocer los datos a la hora misma de cada entrega. Por tal razón se puede implementar el control de notificaciones vía correo similar a las notificaciones por contaminación a cada finca proveedora del comportamiento de la materia prima que entregan a la procesadora en

relación a los valores de Po y PRI ya que esto ayuda a que el proveedor esté consciente de la calidad y pueda darle seguimiento constante e incluso en cada entrega a los planes de acción llevados para el aumento de dichas características.

Por otro lado, es importante que la procesadora realice seguimiento constante a las fincas notificadas a través de una planificación de visitas, para evaluar el avance de cada plan de acción o bien promover la creación de dichos planes de acción que al final lleven al logro de los objetivos de la misma planta procesadora de caucho.

## CONCLUSIONES

1. El diseño del plan para mantener el control de la separación, manejo y consumo de la materia prima fue de suma importancia para todo el proceso productivo de la planta procesadora de caucho o hule natural, ya que éste disminuyó considerablemente el mayor problema de calidad que la procesadora tenía, el cual es la producción de producto no conforme por especificaciones fuera de los límites.
2. Se puede observar claramente la mejora, ya que durante el año 2007 y el mes de enero de 2008 que es el punto de partida del proyecto, se generaron 417,091 kilogramos de producto no conforme. Se ve un porcentaje total sobre la producción del año 2007 de 2.26% de producto no conforme, contrastado con el primer año de implementación del sistema de gestión de materias primas que muestra tan sólo 0.53% de producto no conforme sobre el total de la producción del año, esto representa la cantidad de 96,440 kilogramos totales, de los cuales 69,993 kilogramos (73%) pertenecen al mes de enero del 2008.
3. Si se observan los resultados obtenidos durante el año 2008, se ve claramente un proceso estable con tan solo haber logrado el control de la materia, a través de su separación por propiedades físicas y su ingreso al proceso de producción por medio de mezclas controladas, según las especificaciones del producto a fabricar.
4. Antes de implementar el sistema de gestión de la materia prima, se tenían en el proceso muchas variables, las cuales dificultaban el curso normal de la producción. El encargado del proceso productivo debía

controlar tanto el tiempo como temperatura y además lidiar con un proceso inestable, el cual le daba como resultado un producto no conforme ya que las propiedades físicas de la materia prima dentro de la secadora eran también variables. Con la implementación del sistema se logra uniformar las propiedades físicas de la materia prima a lo largo de todo el proceso, lo que da como resultado tener como únicas dos variables el control de tiempo y la temperatura de secado.

5. Con el actual método de la separación de materias primas la planta procesadora tiene la posibilidad de cumplir y satisfacer las necesidades más específicas de sus clientes de producto terminado y atender de manera personalizada cada una de ellas debido a que controla y sabe desde el inicio del proceso qué materias primas debe utilizar para determinado producto. Además como controla las propiedades físicas de cada una de las fincas proveedoras de caucho puede a su vez mejorar la productividad en la producción de estos hules especiales ya que puede designar plantaciones específicas para dichos requerimientos.
6. Es evidente que la reducción de un producto no conforme debe de impactar positivamente en el costo, y ésto se puede ver desde tres puntos de vista, los cuales son por un lado el enfoque de el proceso por el costo de calidad, la rentabilidad vista por el lado financiero y la satisfacción del cliente desde el punto de vista comercial.
7. La base del sistema de gestión es la separación de la materia prima por sus propiedades físicas. Se definió el método que asegura la segregación por medio de criterios numéricos puestos en mínimos y máximos (límites de Po y PRI), por los cuales son definidas también las fincas de cada categoría o clase.

8. La separación de la materia prima se definió por los valores de Po y PRI, debido a que estas propiedades físicas fueron las que a lo largo del año 2007 y enero del 2008 dieron mayor problema para la producción de producto no conforme, ya que 129,485 kilogramos (31.04%) fueron por valores de Po y 159,713 kilogramos (38.29%) y por valores de PRI fuera de especificación. Las no conformidades por Po y PRI representaron el 69.34% del total de producto no conforme. Estos datos muestran el área de oportunidad para separar las materias primas por dichos valores, además los valores de Po, PRI y viscosidad son muy similares en su comportamiento, ya que si el valor de una propiedad sube, el valor de la otra también tiende a subir aunque no en la misma proporción. Por esta razón, es que se decidió tomar como base del sistema estos valores de Po y PRI para la segregación.
  
9. Con la separación y clasificación de las fincas por las calidades de la materia prima que entregan en la procesadora, se les logra tener bien identificadas y es parte del trabajo el lograr que esas propiedades físicas mejoren y vayan en aumento, ésto específicamente con las fincas que poseen los valores más bajos de Po y PRI donde se pueden realizar planes de acción en conjunto (planta procesadora y fincas proveedoras) para lograr la mejora de los mismos.



## RECOMENDACIONES

1. Es responsabilidad de la gerencia del proceso dar continuidad y asegurar el cumplimiento del sistema, por lo que se recomienda que se pueda dar revisiones periódicas de los resultados del actual sistema. Se debe de continuar con la separación de la materia prima ya que de ésto dependerá la continuidad de los resultados obtenidos hasta el momento.
2. Es de suma importancia que la gerencia se asegure que a través del encargado de proceso se dé una constante retroalimentación a los encargados de las distintas operaciones de separación y control de los resultados obtenidos, debido a que con ésto se debe lograr el compromiso de continuidad.
3. Se recomienda diseñar indicadores de gestión que faciliten la revisión del sistema, ya que el único indicador existente en el momento de la implementación y que por cierto si es muy importante es el indicador de producto no conforme. Es responsabilidad de la gerencia del proceso evaluar qué indicadores son los necesarios, según las necesidades del proceso, diseñarlos e implementarlos.
4. Es responsabilidad de todos los involucrados la búsqueda de la mejora continua del sistema a través del análisis de resultados y el diseño de planes de acción. Para la mejora del sistema se debe de tener en cuenta que es necesario revisar constantemente sobre los puntos de mejora detectados el poder actualizar el método implementado, para no correr el riesgo de dejar de hacer puntos importantes del sistema. La revisión y documentación de las mejoras

del sistema deben de estar a cargo de la gerencia y el encargado del proceso.

5. Es necesario actualizar los valores de Po y PRI de las fincas proveedoras, para evitar separaciones que en determinado momento pueda traer complicaciones al proceso por datos no acordes a los esperados. Ésto puede suceder debido a los cambios constantes en los procesos de pica y recolección que las plantaciones tienen en determinado momento por el manejo de costos. Quedó determinado el período de revisión de propiedades físicas de todas las fincas o plantaciones de caucho para cada semestre, sin embargo es necesario evaluar si el período de tiempo asegura el cumplimiento de los objetivos del sistema. Esta revisión y actualización constante debe quedar a cargo del departamento de calidad de la procesadora.
6. Es necesaria la constante comunicación y seguimiento de los métodos utilizados en las fincas proveedoras ya que de éstos dependerán muchos de los resultados obtenidos en la planta procesadora. Ésto se logra a través de la constante capacitación que debe dar la planta a las fincas proveedoras para el manejo de la calidad de la materia prima. Estas capacitaciones deben de ser derivadas de una estrategia de la procesadora de ir mejorando la calidad de la materia prima que se recibe para tener un proceso de producción estabilizado y por ende más productivo. Por tanto la responsabilidad de este seguimiento queda a cargo de la gerencia del proceso.
7. Es importante el compromiso de la alta gerencia sobre este plan que integra todas las operaciones relacionadas con el manejo de la materia prima desde su origen en las plantaciones de hule proveedoras hasta su proceso de producción de cauchos terminados. Por lo que es importante la gestión de los recursos necesarios para llevar a cabo todos estos planes de acción.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Bateman, Thomas S. y Scout A. Snell. **Administración un nuevo panorama competitivo.** 6ª ed. México: Mc Graw Hill, 2004.
2. Chase, Richard B., F. Robert Jacobs y Nicholas J. Aquilino. **Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva.** 10ª ed. México: 2004.
3. Compagnon, P. **El caucho natural.** Edición especial para Gremial de Huleros de Guatemala. México: Consejo Mexicano del Hule y CIRAD, 1998.
4. Corral Macías, Carlos Eduardo. **Formulación y vulcanización de hules.** Única edición. México: CIATEC, A.C., 2006.
5. Criollo García, Roberto. **Estudio del trabajo, ingeniería de métodos.** México: Editorial McGraw-Hill, 1998.
6. Grant, Eugene L y Richard S. Leavenworth. **Control estadística de la calidad.** 5ªed. México: Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., 1990
7. Heizer, Jay y Barry Render. **Dirección de la producción.** 4ª ed. España: Prentice Hall, 1997.
8. Hellriegel, Don y John W. Slocum. **Administración.** 7ª . ed. México: Editorial Thomson, S.A. 1998.
9. Hillier, Frederick y Gerald Lieberman. **Introducción a la investigación de operaciones.** 4ª ed. México: McGraw Hill, 1997.

10. Juran, J. M. **Juran y el liderazgo para la calidad.** España: Ediciones Díaz de Santos, S.A, 1990.
11. Render, H. **Principios de administración de operaciones.** Segunda edición. México. Ed. Prentice May. 2000.
12. Royo, Joaquín. **Manual de tecnología del caucho.** 2ª ed. España: Reclamo Técnico, S.A., 1989.
13. Schroeder, Roger. **Administración de operaciones.** 3ªed. México: McGraw Hill, 1992.
14. Taha, Hamdy. **Investigación de operaciones.** Una Introducción. 2ª.ed. Nueva York: Editorial Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. 1981.
15. Vollman, Thomas, William Berry y Whybark Clay. **Administración integral de la producción y de los inventarios.** México: Editorial Limusa, 1996.