

Universidad de Costa Rica  
Sede Interuniversitaria de Alajuela  
Escuela de Ingeniería Industrial

Proyecto de Graduación

**Caracterización del Proceso de Mezclado de Polímeros para Fabricación de  
Componentes para Automóviles**

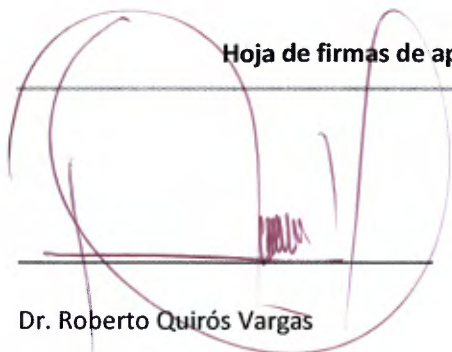
Andrey Angulo Morales

Francini Jenkins Bonilla

Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial

Diciembre, 2016

Hoja de firmas de aprobación del Proyecto de Graduación



Dr. Roberto Quirós Vargas  
Representante de la Dirección

Fecha: 07/07/2017



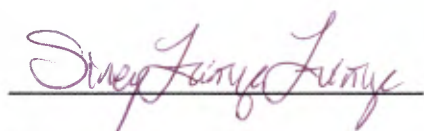
Ing. Edwin Quirós Villalobos  
Director del Comité Asesor

Fecha: 31/1/2017



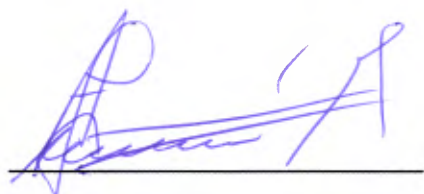
Ing. Daniel Moreno Conejo  
Asesor técnico

Fecha: 02-02-2017



Ing. Siney Zúñiga Zúñiga  
Contraparte Empresarial

Fecha: 31-1-2017



Ing. Antonio Marín Gonzales  
Profesor Lector

Fecha: 31-1-2017

## Dedicatoria y Agradecimientos

Dedico este gran logro primeramente a Dios, por darme la fortaleza para llevar a cabo este proceso y por estar a mi lado cada día de mi vida. Lo dedico también a mami, porque siempre se preocupó por apoyarme para que yo saliera adelante, a pesar de las dificultades, muchas gracias mami por todo, te amo mucho. Gracias a mis hermanas y a Marco, por apoyarme incondicionalmente, los amo mucho. Agradecer también a Andrey, con quién trabaje de la mano para poder finalizar con éxito esta etapa tan importante en mi desarrollo personal y profesional. A Judith y a Marilyn agradecerles por siempre estar anuentes a brindarnos su apoyo con la mejor de las disposiciones.

Francini Jenkins

Este proyecto está dedicado a mi familia y a Diosito quienes han sido mis pilares durante esta etapa de formación profesional. A mi papá quien me ha inculcado la importancia de la educación, esfuerzo y perseverancia, a mi madre que siempre me ha brindado su apoyo incondicional, su amor y motivación muchas gracias por todo, y como olvidar a mis hermanas con quienes he compartido toda mi vida, ese amor incondicional entre hermanos que siempre nos ha mantenido unidos, apoyándonos unos a otros en las buenas y en las malas, las quiero mucho. De igual forma agradecer a mi amiga y compañera Francini con quien gracias al trabajo en equipo logramos finalizar esta ardua tarea en la cual vivimos muchas experiencias que nos hicieron crecer personal y profesionalmente.

Andrey Angulo

Agradecemos a todos los colaboradores de la organización, en especial a Alberto, Jose y Siney, por llevarnos de la mano durante este proceso. A los profesores del panel, en especial a don Edwin Quirós, que nos colaboró con su enorme conocimiento y sabiduría. A todos los profesores de la Universidad de Costa Rica, porque hicieron posible que hoy seamos ingenieros, a los amigos y compañeros por acompañarnos en este proceso, ¡gracias a todos!

Los autores

## Resumen gerencial

Con el proyecto se caracterizó el proceso de mezclado de polímeros en una compañía dedicada a la fabricación de componentes para automóviles. Mediante esta caracterización se determinó cuáles eran los principales factores que influyen en la generación de producto no conforme. Así mismo, se diseñó una propuesta que vino a contribuir en la disminución de los niveles de producto defectuoso.

Con el fin de enfocar el estudio sobre el defecto de mayor impacto, se cuantificó el peso de los diferentes tipos de defectos, siendo el más significativo la generación de granos<sup>1</sup> en la lámina de polímero, además es el único defecto que genera desperdicio.

Una vez definida la no conformidad de mayor impacto en el proceso, se procede a la selección del tipo de polímero, esto mediante la aplicación herramientas ingenieriles robustas y el Algoritmo de Klee, con el cual se determina que el polímero a ser estudiado es el #3.

Utilizando como criterio lo anterior, el proyecto se enfocó en la reducción de granos en el polímero seleccionado. A través de la aplicación de una serie de metodologías y herramientas como el IPO MAP<sup>2</sup>, Diagrama de Ishikawa e involucramiento en el proceso, se determina que los factores de mayor influencia en el problema se relacionan con el proceso de gestión del producto no conforme, específicamente con aspectos de carácter organizacional, ya que se identificaron elementos relacionados con desinterés de los colaboradores, falta de seguimiento por parte de supervisores e involucramiento en el proceso.

De acuerdo con lo anterior, se realizó una propuesta de diseño basada en las 3 áreas del empoderamiento según Development Dimensions International (2003) (DDI), las cuales corresponden a diseño de puesto, sistema y ambiente, y liderazgo. En relación con el liderazgo se planteó un esquema de involucramiento de los supervisores, donde se diseñan capacitaciones con el objetivo de fomentar buenas prácticas en la segregación de polímeros con granos y el mezclado de CNC<sup>3</sup>, además dar a conocer el impacto de la mala segregación de producto con granos sobre la generación de producto no conforme. Así mismo se diseñó un taller para los supervisores, con el

---

<sup>1</sup> Porciones duras en la lámina de polímero.

<sup>2</sup> Mapeo de las variables de entrada y salida de un proceso.

<sup>3</sup> Componente que no cumple con especificaciones en sus dimensiones, tales como espesor, ancho, etc.

objetivo de fortalecer sus habilidades de liderazgo y lograr una concientización hacia el involucramiento, integración y compromiso con los colaboradores y el proceso.

Adicionalmente, se incluyeron una serie de propuestas relacionadas con la evaluación del desempeño de los colaboradores, las cuales permitieron medir su rendimiento y generar un aprendizaje continuo a través de la retroalimentación realizada por los supervisores del proceso.

Respecto al sistema y ambiente se propone una modificación al método de elaboración de las láminas de polímero refinado, y se diseñaron ayudas visuales para el tratamiento, segregación y prevención de polímeros con granos. El elemento diseño de puesto se relacionó con la colocación de las ayudas visuales dentro de la planta, en sitios donde sean apreciadas por los colaboradores. Además, se propone la designación de una zona para la segregación de material graneado en el área de extrusión.

# Índice

Introducción .....	14
Abreviaturas y Acrónimos .....	15
Capítulo 1 Justificación del proyecto .....	16
1.1 Descripción de la empresa .....	16
1.2 Alcance .....	16
1.4 Problema .....	18
1.3.1 Justificación de la problemática .....	18
1.3.2 Beneficios para la organización .....	21
1.3.3 Beneficios para la sociedad .....	22
1.4 Objetivo general .....	22
1.5 Indicadores de éxito .....	22
1.6 Limitaciones .....	22
1.7 Marco de referencia teórico .....	23
1.7.1 Calidad .....	23
1.7.2 Costos de calidad .....	23
1.7.3 Ingeniería de calidad .....	23
1.7.4 Caracterización de procesos .....	25
1.7.5 Estabilidad del proceso .....	28
1.7.6 Estudio de la capacidad de los procesos .....	28
1.7.7 Análisis de modo y Efecto de falla (AMEF) .....	29
1.7.8 Análisis B vs C .....	30
1.8 Metodología general .....	31
1.9 Cronograma de trabajo .....	33
Capítulo 2. Diagnóstico de proyecto .....	34
2.1 Objetivo general .....	34
2.2 Objetivos específicos .....	34
2.3 Metodología .....	34
2.4. Resultados obtenidos .....	35
2.4.1 Descripción general del proceso .....	35
2.4.2 Determinación de las no conformidades de mayor impacto .....	41
2.4.3 Selección del tipo de polímero .....	42
2.4.4 Certificación del Proceso .....	44

2.4.5	Causas de generación de granos .....	46
2.5	Conclusiones del diagnóstico .....	75
Capítulo 3.	Diseño .....	77
3.1	Objetivo general .....	77
3.2	Objetivos específicos.....	77
3.3	Metodología .....	77
3.4	Propuestas de diseño .....	78
3.4.1	Liderazgo .....	79
3.4.2	Sistema y ambiente .....	86
3.4.3	Diseño de puesto.....	94
3.4.4	Institucionalización.....	94
3.5	Conclusiones de diseño .....	98
Capítulo 4.	Validación del Proyecto .....	99
4.1	Objetivo General .....	99
4.2	Objetivos específicos.....	99
4.3	Metodología .....	99
4.4	Análisis B vs C .....	99
4.5	Implementación de capacitaciones y modelo de Kirckpatrick.....	101
4.5.1	Nivel 1: Reacción .....	101
4.5.2	Nivel 2: Aprendizaje .....	108
4.6	Sistemas para la evaluación del desempeño .....	108
4.7	Conclusiones de la validación.....	111
Conclusiones Generales	.....	112
Recomendaciones	.....	113
Bibliografía	.....	114
Glosario	.....	117
Anexos	.....	118
5.1	Anexo #1 Proceso productivo .....	118
5.2	Anexo # 2 Criterios para severidad, ocurrencia y detección AMEF. ....	120
5.3	Anexo # 3 Propuestas de presentación para las capacitaciones.....	121
5.3.1	Anexo #3.1 Propuesta de capacitación para el área de mezclado.....	121
5.3.2	Anexo# 3.2 Propuesta de capacitación para el área de extrusión.....	127
5.3.3	Anexo 3.3 Propuesta de capacitación para el área de ensamble. ....	133

5.4 Anexo #4 Propuesta de presentación para el taller de liderazgo.....	139
5.5 Anexo #5 Propuesta de bitácora para reunión de evaluación del desempeño.....	157
5.7 Anexo # 7 Tamaños de muestra para B vs C, errores $\alpha$ y $\beta$ .....	159
5.8 Anexo # 8 Cuestionario Nivel 1 .....	160
5.9 Anexo # 9 Instructivo de calificación para cuestionario de nivel 1 .....	161
5.10 Anexo # 10 Cuestionario Nivel 2 .....	162
5.10.1 Anexo # 10.1 Cuestionario Nivel 2 Proceso de Mezclado .....	162
5.10.2 Anexo # 10.2 Cuestionario Nivel 2 Proceso de Extrusión .....	163
5.10.3 Anexo # 10.3 Cuestionario Nivel 2 Proceso de Ensamble .....	164



# Índice de Figuras

FIGURA 1 PARETO DE KILOGRAMOS DE DESPERDICIO POR ÁREA .....	17
FIGURA 2 PRODUCTO NO CONFORME EN ÁREA DE MEZCLADO .....	19
FIGURA 3 DESPERDICIO DE POLÍMERO EN EL PROCESO DE MEZCLADO .....	20
FIGURA 4 COSTO DE REPROCESO Y DESPERDICIO .....	21
FIGURA 5 FASES DE LA CARACTERIZACIÓN .....	26
FIGURA 6 PROCESO DE MEZCLADO .....	36
FIGURA 7 PROCESO DE GESTIÓN DEL PRODUCTO NO CONFORME .....	39
FIGURA 8 MAPA DE PROCESO DE MEZCLADO .....	40
FIGURA 9 DIAGRAMA DE PARETO DE NO CONFORMIDADES EN MEZCLADO .....	41
FIGURA 10 DIAGRAMA DE PARETO DE GRANOS POR TIPO DE POLÍMERO .....	42
FIGURA 11 COMPOSICIÓN DEL POLÍMERO #3 .....	44
FIGURA 12 DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA LA GENERACIÓN DE GRANOS .....	50
FIGURA 13 CANTIDAD DE GRANOS POR LOTE .....	53
FIGURA 14 TEMPERATURA DE ENTARIMADO DEL POLÍMERO REFINADO .....	54
FIGURA 15 ESPESOR DE LÁMINAS .....	55
FIGURA 16 TEMPERATURA DEL POLÍMERO REFINADO .....	56
FIGURA 17 PRUEBA DE SCORCH (T5) .....	57
FIGURA 18 CAPACIDAD DE PROCESO GROSOR POLÍMERO REFINADO .....	58
FIGURA 19 RESUMEN PARA GROSOR CNC .....	59
FIGURA 20 PRUEBA DE T DE 1 MUESTRA PARA LA MEDIA DE GROSOR .....	60
FIGURA 21 DIAGRAMA DE 5 POR QUÉS .....	70
FIGURA 22 PROCESO DE GESTIÓN DEL PRODUCTO NO CONFORME PARA EL POLÍMERO #3 .....	73
FIGURA 23 PIZARRA PARA DIVULGACIÓN DE LOGROS .....	85
FIGURA 24 INDICADOR DE TARJETAS ROJAS POR CUADRILLA .....	86
FIGURA 25 AYUDA VISUAL # 1. CANTIDAD DE CARGAS CONTINUAS EN EL MOLINO REFINADOR .....	87
FIGURA 26 AYUDA VISUAL # 2. CANTIDAD DE ROLLOS POR CARGA EN EL MOLINO REFINADOR .....	88
FIGURA 27 AYUDA VISUAL # 3. NO GIRAR PERNOS DEL MOLINO REFINADOR .....	89
FIGURA 28 AYUDA VISUAL # 4. DOSIFICACIÓN DE POLÍMEROS REFINADOS EN MEZCLADOR .....	90
FIGURA 29 AYUDA VISUAL # 5. COMBINACIÓN DE LATERALES .....	91
FIGURA 30 AYUDA VISUAL # 6. NO COLOCAR LATERALES O POLÍMEROS GRANEADOS EN LAS CHAPAS DE CNC .....	92
FIGURA 31 AYUDA VISUAL # 7. SEGREGACIÓN DE LATERALES CON GRANOS EN EL ÁREA DE ENSAMBLE .....	93
FIGURA 32 MODELO DE CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS .....	95
FIGURA 33 METODOLOGÍA PARA LA APLICACIÓN DEL MODELO DE CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS .....	97
FIGURA 34 FOTOGRAFÍA DE PIZARRA .....	109
FIGURA 35 FOTOGRAFÍA DE INDICADOR DE TARJETAS ROJAS .....	109
FIGURA 36 DIAGRAMA DE PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PRODUCTO FINAL .....	119

## Índice de tablas

TABLA 1 METODOLOGÍA GENERAL .....	31
TABLA 2 CRONOGRAMA DE TRABAJO .....	34
TABLA 3 APLICACIÓN DEL ALGORITMO DE KLEE .....	43
TABLA 4 IPO MAP DEL PROCESO DE MEZCLADO .....	47
TABLA 5 PRUEBA DE SOBREDOSIFICACIÓN DE POLÍMERO REFINADO.....	63
TABLA 6 CRITERIO PARA CALIFICACIÓN DE MATRIZ CAUSA-EFECTO .....	65
TABLA 7 MATRIZ CAUSA-EFECTO .....	66
TABLA 8 VARIABLES SIGNIFICATIVAS DE LA MATRIZ CAUSA-EFECTO .....	68
TABLA 9 ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS. ....	69
TABLA 10 VARIABLES SIGNIFICATIVAS DEL AMEF .....	70
TABLA 11 CRITERIO PARA EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE .....	82
TABLA 12 RESULTADOS EVALUACIÓN NIVEL 1 PROCESO DE MEZCLADO.....	102
TABLA 13 RESUMEN DE RESPUESTAS ABIERTAS NIVEL 1, PROCESO DE MEZCLADO. ....	103
TABLA 14 RESULTADOS EVALUACIÓN NIVEL 1 PROCESO DE EXTRUSIÓN.....	104
TABLA 15 RESUMEN DE RESPUESTAS ABIERTAS NIVEL 1, PROCESO DE EXTRUSIÓN. ....	105
TABLA 16 RESULTADOS EVALUACIÓN NIVEL 1 PROCESO DE ENSAMBLE.....	106
TABLA 17 RESUMEN DE RESPUESTAS ABIERTAS NIVEL 1, PROCESO DE ENSAMBLE. ....	107
TABLA 18 RESULTADOS NIVEL 2 EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE .....	108
TABLA 19 ESCALA DE CALIFICACIÓN PARA CUESTIONARIO DE NIVEL 1 .....	161

## Introducción

Este documento corresponde al proyecto final de graduación que se realizó en una compañía dedicada a la fabricación de componentes para automóviles.

El proceso de fabricación bajo estudio es altamente complejo e intervienen muchas variables que afectan la calidad del producto final. Este proceso se sub divide en 7 grandes etapas, dentro de las cuales el alcance del proyecto corresponde al proceso de mezclado del polímero utilizado en la fabricación del producto final.

El fin del proyecto consiste en desarrollar un modelo de caracterización de procesos que permita reducir la cantidad y variabilidad del producto no conforme en el área de mezclado, específicamente en la reducción del defecto asociado a granos en el polímero, el cual representa el defecto de mayor impacto en el proceso.

La caracterización de procesos consiste en cinco fases: definición, análisis, optimización, control de parámetros y documentación. Con la aplicación de estas fases es posible entender todos los factores involucrados en un proceso y determinar cuáles son las variables críticas que influyen sobre la calidad del producto, para posteriormente determinar soluciones que atiendan la causa raíz del problema, obteniendo mejoras en el proceso.

El modelo de caracterización diseñado se basa en el modelo planteado por la Universidad de Motorola (1990), y dada la naturaleza del proyecto, se incluyen las áreas del empoderamiento según la DDI (2003). Con lo anterior se considera un modelo que no solo contempla aspectos técnicos del proceso, sino que también incluye el factor humano, el cual se encuentra presente en todos los procesos de la organización.

Lo anterior resulta beneficioso para la compañía ya que el empoderamiento es primordial para alcanzar el éxito de los principios fundamentales de la caracterización de procesos: involucramiento en el proceso y cuantificación para la toma de decisiones. Adicionalmente la DDI (2003) destaca que el éxito de los modelos de mejora continua depende de la motivación de todos los involucrados para realizar las cosas de nuevas maneras, mediante la implementación de nuevas políticas, procedimientos entre otras; esa motivación se deriva de un sentido de propiedad y orgullo, es decir del empoderamiento.

## Abreviaturas y Acrónimos

ASQS: American Society for Quality.

AMEF: Análisis de modo y efecto de falla.

CV: Coeficiente de variación.

CFT: Cross Functional Team.

DDI: Development Dimensions Internacional.

MRC: Mill Room Control.

NPR: Número prioritario de riesgo.

PNC: Producto No Conforme.

# Capítulo 1 Justificación del proyecto

## 1.1 Descripción de la empresa

La compañía está dedicada a la producción de componentes para automóviles.

Se estructura en cuatro departamentos principales, los cuales son: Recursos Humanos, Finanzas, Manufactura y Comercial (Anexo #3). El proyecto se enfoca principalmente en al área de manufactura.

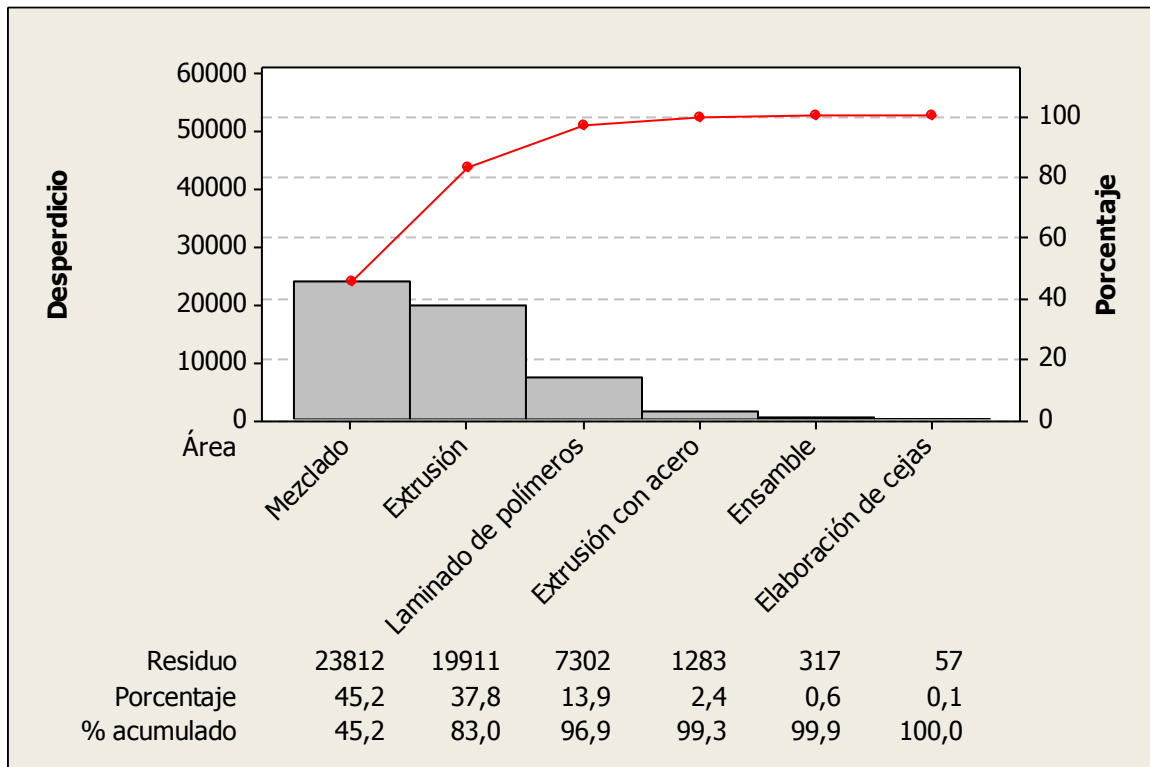
## 1.2 Alcance

El alcance del proyecto corresponde al proceso de mezclado para la fabricación de los polímeros utilizados en el producto final, y el proceso de gestión del producto no conforme. El proyecto se circunscribe en el ámbito de la ingeniería de calidad, específicamente en la generación y gestión de producto no conforme.

Los aspectos determinantes para la definición del alcance son los siguientes:

1. El área de mezclado posee el mayor porcentaje (45,2%) de desperdicio de polímero generado en todos los procesos. Considerando la producción de polímeros, en el área de mezclado esto representa un 0,18% de kg de desperdicio. La Figura 1 presenta, del 01 de enero al 12 de noviembre de 2014, los kilogramos de desperdicio de polímero generado por área.

Figura 1 Pareto de Kilogramos de desperdicio por área



2. La calidad del polímero producido en esta área afecta directamente la calidad de los componentes producidos en los procesos posteriores; sin embargo, este no es el único factor que afecta su calidad, pues en cada área intervienen múltiples variables que se relacionan con diferentes tipos de defectos.
3. Es un área de gran interés para la compañía debido a que es el proceso base para la fabricación del producto final.

## 1.4 Problema

El proceso de mezclado genera en promedio 2,55% de polímero no conforme, lo cual ocasiona un incumplimiento de 35% en la meta de desperdicio del proceso, provocando un mayor consumo de los recursos requeridos para la producción.

### 1.3.1 Justificación de la problemática

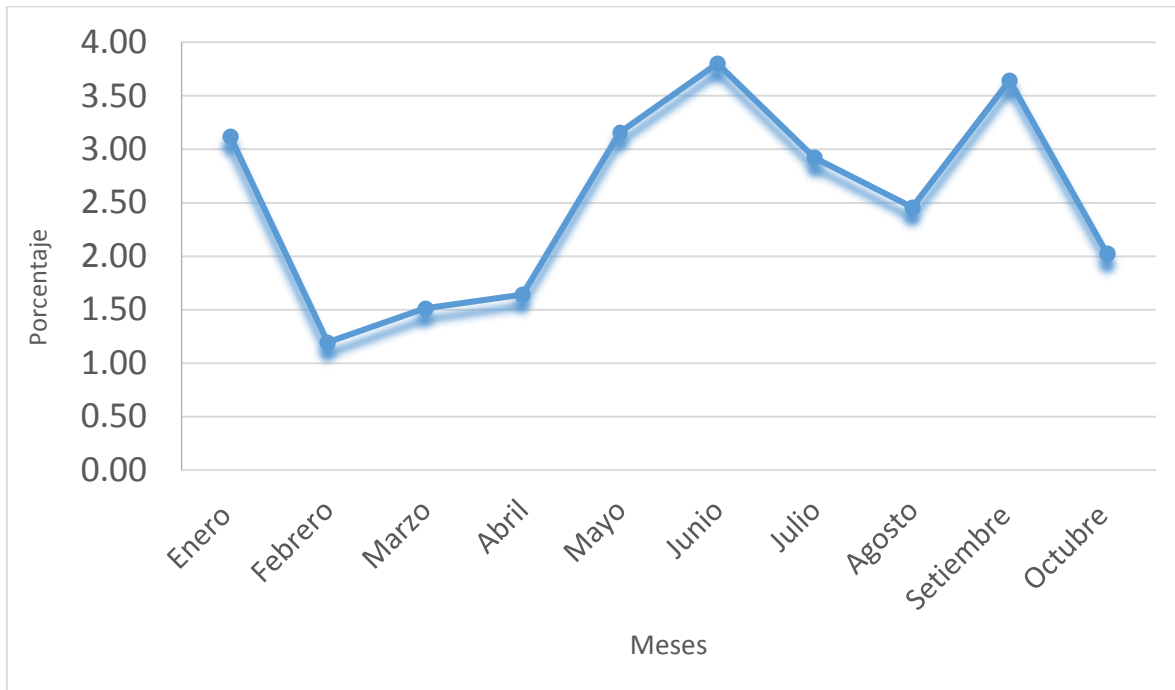
Las características de calidad de los polímeros pueden verse afectadas por diversos factores y desencadenar en la generación de producto no conforme. Esta situación puede suceder tanto al momento de realizar las pruebas de calidad (Anexo 1), como de manera visual durante el proceso. Algunas de las posibles no conformidades que se presentan son: polímero con granos o materia extraña<sup>4</sup>, mezclado incorrecto, torque máximo alto, torque máximo bajo, pegajosidad, gravedad específica alta, polímero mal cortado o sin estampado, porosidad, polímero quemado, entre otras.

La Figura 2 presenta el porcentaje de producto no conforme generado en el proceso de mezclado, para los meses de enero a octubre de 2014. Cabe destacar que no existe una meta asociada a la generación de producto no conforme.

---

<sup>4</sup> Materia extraña: metales, madera, plástico o algún tipo de material ajeno a la composición del polímero.

Figura 2 Producto no conforme en área de mezclado



Fuente: La compañía

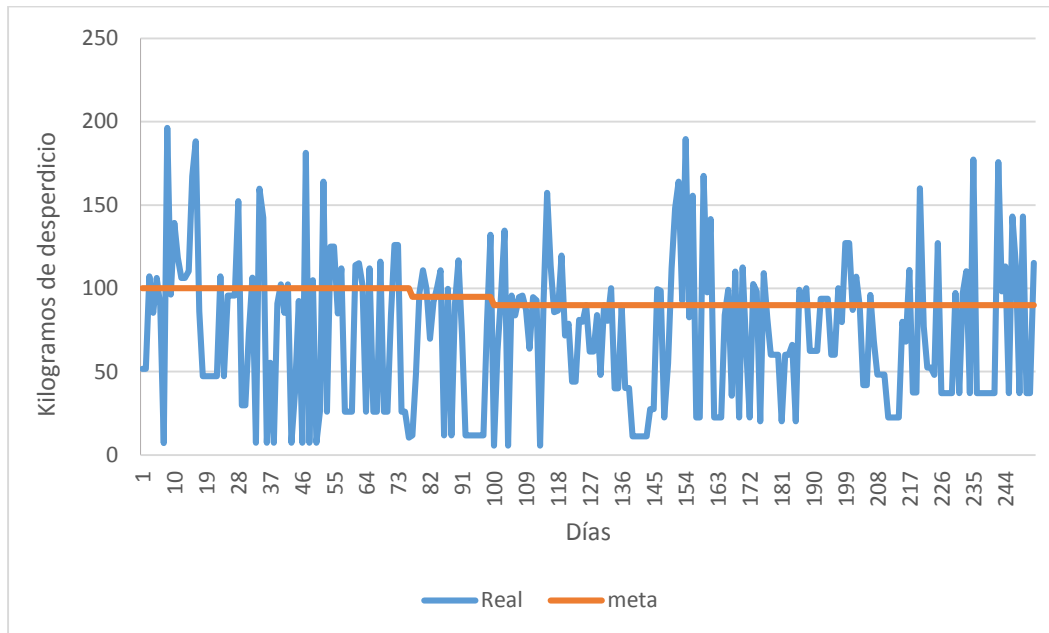
Como se puede observar, el producto no conforme presenta una alta variabilidad. En promedio se generan 68400 kg con una desviación de 27086 kg, lo cual se traduce en un coeficiente de variación de 40%. Esta condición evidencia debilidades en la calidad del proceso; además, de la consecuente improductividad que se genera debido a los reprocesos por el consumo adicional de tiempo y recursos.

La alta variabilidad del proceso representa un exceso en el consumo de los recursos necesarios para la producción, tales como: tiempo de operarios, de los ingenieros de procesos y supervisor, electricidad, pigmentos y pruebas de laboratorio. Estos consumos dependen de la no conformidad identificada.

Por otro lado, en algunos casos el reproceso de un polímero implica que parte del producto se convierta en desperdicio, por lo cual este puede generarse por un reproceso o por algún factor que provoque que el polímero se quemé. Un polímero quemado implica que se han perdido las propiedades químicas requeridas y ya no es apto para su uso, por lo cual debe desecharse. La Figura 3 muestra el comportamiento del desperdicio atribuido diariamente al proceso de mezclado, para un periodo de 252 días (enero 2014 – octubre 2014).



Figura 3 Desperdicio de polímero en el proceso de mezclado



Fuente: La compañía

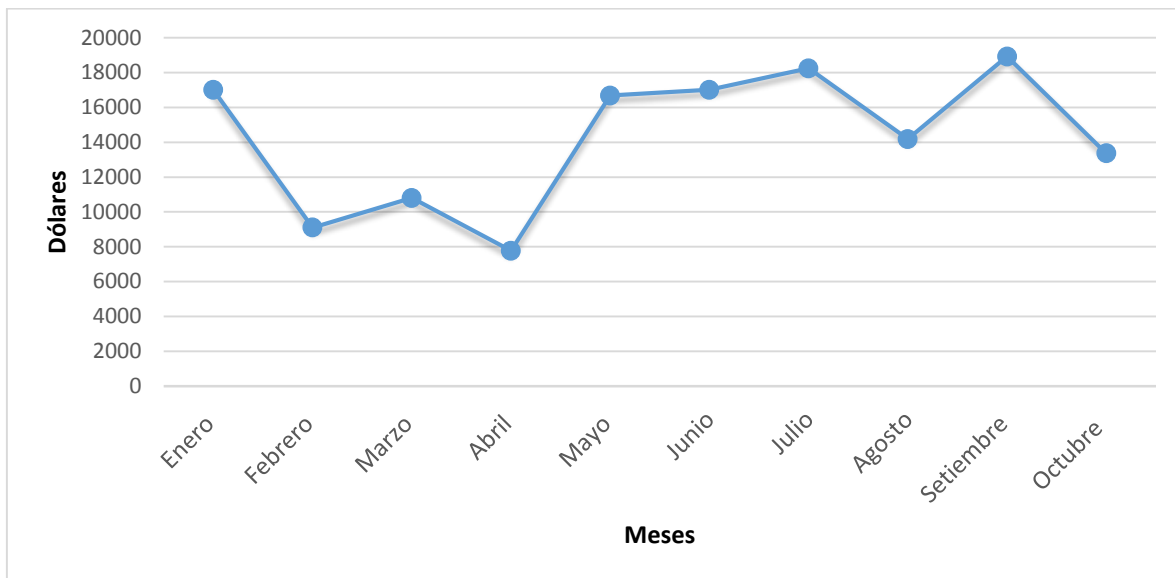
Cabe destacar que para la realización de este gráfico se eliminaron todos los puntos atípicos que pudieran estar sesgando el análisis, estos corresponden principalmente a fallas eléctricas, mecánicas o apagones de electricidad. Además, los puntos atípicos debido al *tailing*<sup>5</sup> se tratan de la siguiente manera: los kilogramos de *tailing* son distribuidos entre todos los días de cada mes, con el fin de lograr una aproximación más real en la generación del mismo, ya que es un desperdicio que se genera día con día pero que se registra mensualmente.

Según el análisis estadístico de los datos, se observa que la mediana del producto no conforme (específicamente desperdicio) corresponde a 77 kg, la desviación estándar a 44 kg y el coeficiente de variación a 60%. Lo anterior evidencia que la mitad de los datos se encuentra por encima de 77 kg. Además, considerando un percentil 65, que corresponde a 95 kg (meta organizacional para el desperdicio de polímero), se observa que un 35% de los datos son superiores a la meta. Cabe destacar que, visualizando los datos de una manera semanal, no se presenta ningún tipo de tendencia que afecte el estudio de los mismos.

<sup>5</sup> Polímero que cae al piso durante el proceso de mezclado y que se acumula para ser registrado posteriormente como desperdicio.

La variabilidad en la generación de desperdicio conlleva grandes pérdidas económicas atribuidas al desecho de polímero y otras materias primas, además del consecuente impacto ambiental generado por dichos desechos. Todos los desperdicios y reprocesos generados desencadenan en pérdidas económicas para la compañía (Figura 4), correspondiente al periodo de enero-octubre 2014.

Figura 4 Costo de reproceso y desperdicio



Fuente: La compañía

Las pérdidas económicas generadas mensualmente en promedio (Figura 4) son de \$14000, lo cual se traduce en un 0.07% en relación a las ventas. A pesar de ser un porcentaje pequeño no deja de ser significativo debido a la naturaleza del proceso, el cual es intensivo en activos, por ende cualquier reducción en los costos favorece la rentabilidad de la organización. Además, esta suma representa un 45% del costo de planilla del área de mezclado.

### 1.3.2 Beneficios para la organización

La empresa contará con una caracterización del proceso de mezclado, con la cual obtendrá la reducción del desperdicio y reproceso, y se mejorará la calidad del producto a través de la reducción de la variabilidad, lo que resulta en una mayor productividad del proceso. Además, se mejorará la calidad de los componentes producidos en las operaciones sucesivas al mezclado.

### 1.3.3 Beneficios para la sociedad

El proyecto contribuirá con la sociedad a través de la reducción de los reprocesos y desperdicios, con lo cual se generará un ahorro en el consumo energético y las materias primas, además de una disminución en el impacto ambiental generado por los desechos de polímeros y componentes químicos.

### 1.4 Objetivo general

Caracterizar el proceso de mezclado con el fin de reducir la cantidad de producto no conforme y su variabilidad.

### 1.5 Indicadores de éxito

#### **Producto no conforme:**

Mide el porcentaje de producto no conforme generado.

$$\%PNC = \frac{\text{Cantidad de kilogramos de producto no conforme mensual}}{\text{Producción mensual de polímero en kilogramos}} \times 100$$

#### **Desperdicio:**

Mide el porcentaje de polímero desechado.

$$\%DP = \frac{\text{Cantidad de kilogramos de desperdicio diario}}{\text{Producción diaria de polímero en kilogramos}}$$

#### **Coefficiente de variación del desperdicio:**

Describe la cantidad de variabilidad en relación con la media.

$$CVD = \frac{\text{Desviación estándar de la cantidad de desperdicio diaria}}{\text{Promedio de kilogramos de desperdicio diario}}$$

### 1.6 Limitaciones

Cada uno de los tipos de polímeros tiene asociada su respectiva formulación química, la cual implica la determinación de las cantidades y tipos de materiales que serán utilizados. Sin embargo, dicha información es estrictamente confidencial, por lo cual el uso de esta información queda excluida del alcance del proyecto.

## 1.7 Marco de referencia teórico

### 1.7.1 Calidad

Según Guerrero (2006), la calidad es la totalidad de características de un producto o servicio que influyen en su capacidad para satisfacer las necesidades dadas. Por otro lado, Montgomery (2006) menciona que la calidad es inversamente proporcional a la variabilidad y que la variabilidad excesiva en el desempeño de los procesos puede resultar en desperdicio. El mejoramiento de la calidad implica la reducción de la variabilidad en procesos y productos, de manera alternativa el mejoramiento de la calidad corresponde a la reducción del desperdicio (Montgomery, 2006).

En el proceso de mezclado de los polímeros en la compañía se generan reprocesos y desperdicios que repercuten en la calidad del producto y la productividad del proceso, además de presentar una alta variabilidad en la generación del producto no conforme.

### 1.7.2 Costos de calidad

La existencia de los reprocesos y desperdicios mencionados repercuten en costos de calidad. Según Saldierna (1994) los costos de calidad son los costos generados para asegurar que los productos, servicios, procesos y sistemas cumplan con los requisitos establecidos. Estos costos de calidad se subdividen en: costos de prevención, costos de evaluación, costos por fallas externas y costos por fallas internas. Para el caso del proyecto el costo a ser abordado es el costo por falla interna, el cual según Saldierna (1994) se define como “aquellos costos en los que se incurre dado que el producto no cumple con las especificaciones del cliente”, entre los cuales se encuentran: costos de reproceso, costos de desechos y costos por tiempo ocioso.

Para el caso de la compañía los costos debido a reprocesos y desperdicios fueron de \$143089 en un periodo de 10 meses, lo cual representa en promedio un 45% de la planilla del área de mezclado. Esto para la empresa se considera como un costo representativo.

### 1.7.3 Ingeniería de calidad

Es el conjunto de actividades operativas, administrativas y de ingeniería que emplea la compañía con el fin de asegurar que las características de calidad de un producto se encuentran en los niveles nominales o requeridos (Montgomery, 2006).

Dichas actividades se definen como:

1. Actividades administrativas: Son aquellas actividades que forman una estructura operacional de trabajo, documentada e integrada a los procedimientos técnicos, con el fin de cumplir con las expectativas del cliente y la organización. Para el caso del proyecto entiéndase las actividades administrativas como las actividades relacionadas con la gestión del producto no conforme, la cual abarca la trazabilidad, almacenamiento, controles y responsabilidades del mismo.
2. Actividades de ingeniería: Abarca aquellas actividades de investigación y desarrollo para el mejoramiento del proceso productivo de la organización.
3. Actividades operativas: Son todas aquellas actividades encargadas de transformar insumos materiales, humanos y técnicos en productos de la empresa, con los cuales ésta responde a las demandas y necesidades del cliente.

Todos los productos poseen varios elementos que describen en conjunto la idea que se forma el usuario o consumidor de la calidad, según Montgomery (2006) estos parámetros son las características de calidad. Para el caso los polímeros en la compañía estas características corresponden a los parámetros que son requeridos para que los clientes del proceso de mezclado logren procesar los polímeros de manera correcta.

Para asegurar que las características de calidad se encuentren en sus niveles nominales requeridos, la ingeniería de calidad según Montgomery (2006) busca reducir de manera sistemática la variabilidad en estas características, de manera que, al reducir la variabilidad de dichas características, se reduce el porcentaje y variabilidad del producto no conforme, lo cual constituye el objetivo del proyecto. Para lograr la reducción sistemática de la variabilidad, la ingeniería de calidad aplica 3 técnicas: el muestreo de aceptación, el control estadístico de procesos y el diseño de experimentos.

#### 1.7.3.1 Muestreo de aceptación

El muestreo de aceptación es el proceso de inspección de una muestra de unidades extraídas de un lote que se realiza con el propósito de aceptar o rechazar todo el lote. En esta etapa inicial, las unidades que no cumplen con las especificaciones constituyen un porcentaje alto de la salida del proceso (Gutiérrez & De la Vara, 2009). Esta técnica es desarrollada en la empresa para el control de ingreso de materia prima y para el control del producto obtenido en el proceso de mezclado.

### 1.7.3.2 Control estadístico de procesos

Para que un producto cumpla con los requerimientos establecidos para las características de calidad, generalmente debe fabricarse mediante un proceso que sea estable o repetible, esto quiere decir que el proceso debe operar con poca variabilidad respecto a los límites establecidos para las características de calidad. Según Montgomery (2006), el control estadístico de procesos es un conjunto poderoso de herramientas para resolver problemas, muy útil para conseguir la estabilidad y mejorar la capacidad del mismo mediante la reducción de la variabilidad.

### 1.7.3.3 Diseño de experimentos

Según Montgomery (2004), el diseño de experimentos puede definirse como una prueba o serie de pruebas en las que se hacen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema para observar e identificar las razones de los cambios que pudieran observarse en la respuesta de salida. El diseño de experimentos puede utilizarse en conjunto con el control estadístico de procesos para minimizar la variabilidad de los procesos en prácticamente todos los escenarios industriales.

### 1.7.4 Caracterización de procesos

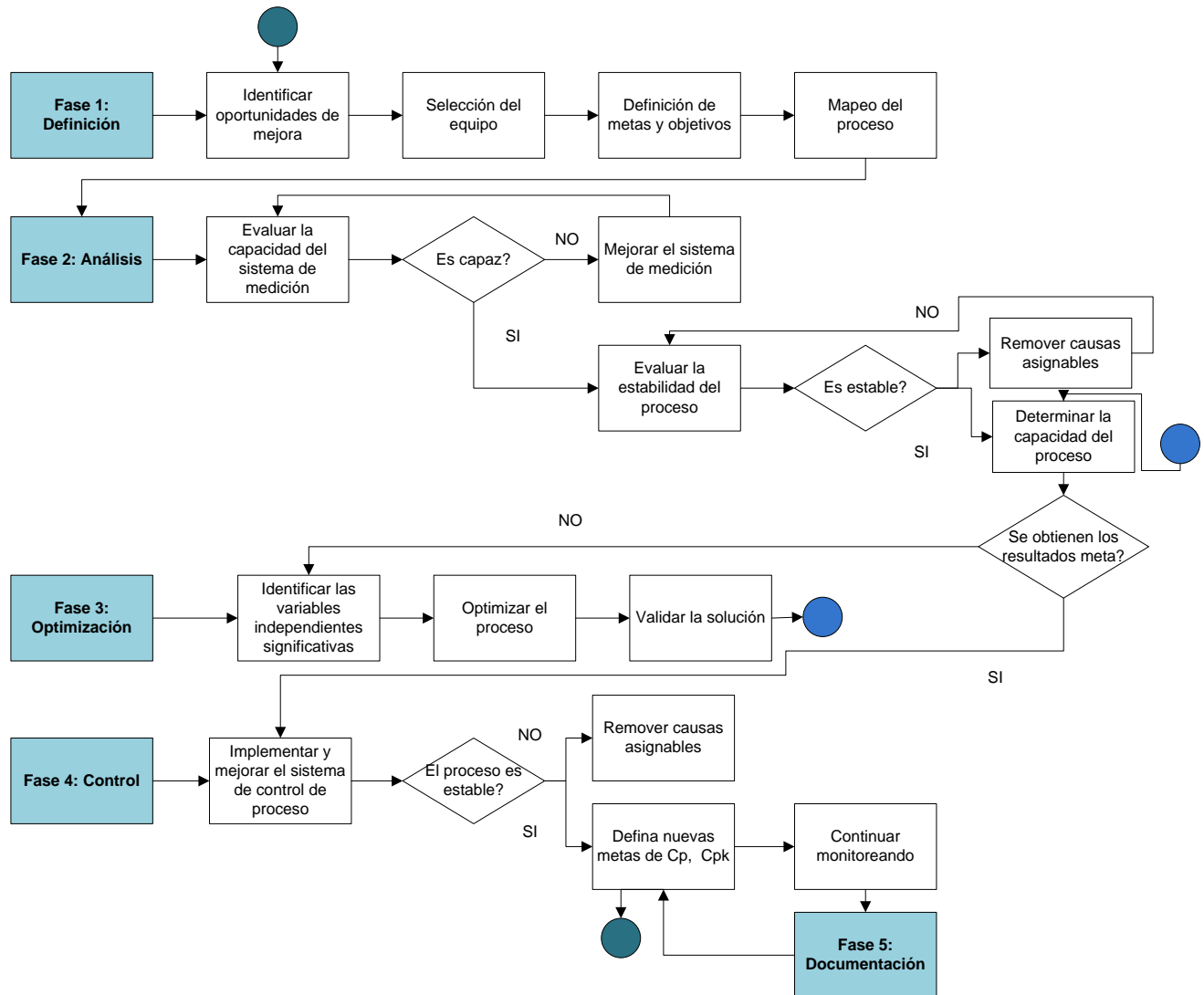
Para entender todos los factores involucrados en un proceso, es necesario una correcta caracterización del mismo, la cual consiste en describir o representar cualidades, características y rasgos de un elemento bajo estudio (Harry & Lawson, 1992), tales como los proveedores, clientes, materia prima, indicadores y recursos.

La relación existente entre la ingeniería de calidad y la caracterización de procesos se evidencia en el hecho de que el objetivo de la ingeniería de calidad es la reducción sistemática de la variabilidad y la caracterización de procesos se constituye en una serie de pasos y la aplicación de herramientas para la mejora continua de los procesos a través de la reducción de la variabilidad.

Dado que el objetivo del proyecto es la reducción del volumen y variabilidad del producto no conforme, la caracterización de procesos resulta ajustarse a este objetivo, pues a través de la misma es posible estudiar el proceso y las causas del problema para buscar oportunidades de mejora que contribuyan en la disminución del producto no conforme. Cabe destacar que para el proyecto en la compañía, las causas de variación se atribuyen tanto a factores relacionados con la operatividad del proceso, así como asuntos relacionados con la gestión del producto no conforme.

La caracterización de procesos consiste en cinco fases (Figura 5), las cuales son: definición, análisis, optimización, control de parámetros y documentación (Harry & Schroeder, 2005).

Figura 5 Fases de la caracterización



Fuente: Six sigma, 2005.

#### 1.7.4.1 Definición:

En esta etapa se identifican las oportunidades de mejora significativas, se selecciona el equipo de trabajo a cargo de la caracterización, se definen las metas y objetivos de acuerdo con las oportunidades de mejora y se realiza el mapeo del proceso, detallando las variables de entrada y salida del mismo.

El proyecto consiste en la caracterización del proceso de mezclado, para lo cual se plantea reducir el porcentaje de reprocesos y desperdicios así como su variabilidad.

#### 1.7.4.2 Análisis:

Consiste en evaluar la capacidad del sistema de medición, con el fin de asegurarse que la confiabilidad de las mediciones generadas por el mismo sean aceptables, de tal manera que se puedan tomar decisiones a partir de dichos datos (Harry, 2005). Si el sistema de medición es capaz se evalúa la estabilidad del proceso, esto a través de la aplicación de gráficos de control (cartas de control). Posterior a esto, se evalúa la capacidad del proceso de cumplir con los requerimientos establecidos.

#### 1.7.4.3 Optimización:

El primer paso para esta fase consiste en identificar las variables independientes significativas, es decir, las variables críticas del proceso. En esta fase corresponde realizar cambios a dichas variables, a fin de buscar soluciones que atiendan las causas raíz del problema, asegurándose de que se corrigen o reducen los efectos del mismo. El diseño de experimentos es aplicado con regularidad en esta fase para optimizar las variables de salida del proceso y contribuir con la reducción de la variabilidad.

En el caso del proyecto se busca identificar las variables críticas del proceso, con el fin de determinar cuáles son las causas que influyen sobre la variabilidad y el incumplimiento de los requisitos establecidos. En esta fase además se pretende determinar los niveles óptimos de las dichas variables del proceso de mezclado a fin de reducir la variabilidad del mismo, y contribuir de esta manera con la reducción del producto no conforme.

#### 1.7.4.4 Control de parámetros y documentación:

El control de parámetros tiene como propósito que el proceso sea monitoreado periódicamente, de manera que se puedan detectar cambios repentinos o graduales en la calidad del producto o en el proceso (Harry, 2005).

La última fase corresponde a generar la documentación pertinente para establecer por escrito la manera adecuada de realizar los cambios o mejoras en el proceso, a fin de servir como guía para los operarios y tener una orientación hacia la mejora continua. Se constituye además como un elemento motivacional para aplicar el modelo de caracterización de proceso en otras áreas.



Para el proceso de mezclado se tiene establecido un sistema de control, el cual monitorea, mediante muestreos y análisis de laboratorio, las características físico-químicas de los polímeros, a razón de detectar cuándo dichas características no se encuentran dentro de los límites establecidos.

#### 1.7.5 Estabilidad del proceso

En cualquier tipo de proceso, independientemente de los esfuerzos que se realicen para su mantenimiento, existe cierta cantidad de variabilidad inherente o natural, la cual es el efecto de muchas causas pequeñas e inevitables, a esta variabilidad se le denomina un “sistema estable de causas fortuitas”. Un proceso que opera únicamente con causas fortuitas de variación está bajo control estadístico (Montgomery, 2006).

En ocasiones puede estar presente otro tipo de variabilidad, proveniente de fuentes como las máquinas, el operador o materia prima defectuosa, entre otros factores. A estas fuentes de variabilidad que no son parte de las causas fortuitas de variación se les llama “causas asignables”. Se dice que un proceso que opera en presencia de causas asignables está fuera de control (Montgomery, 2006).

Uno de los objetivos del control estadístico de procesos es detectar la ocurrencia de causas asignables de variación, con el objetivo de emprender acciones correctivas para evitar que se generen inconformidades. La carta de control es una técnica de monitoreo de procesos útil para este fin, que contribuye además con la reducción de la variabilidad y estimar parámetros de un proceso de producción, útiles para determinar la capacidad del mismo. Para poder realizar predicciones sobre las variables críticas del proceso de mezclado es importante verificar previamente la estabilidad del mismo.

#### 1.7.6 Estudio de la capacidad de los procesos

Según Montgomery (2006) una de las tareas básicas para caracterizar un proceso es evaluar su estado en cuanto a estabilidad y capacidad. El estudio de capacidad de un proceso “consiste en conocer la amplitud de la variación natural del proceso para una característica de calidad dada, ya que esto permite saber en qué medida tal característica de calidad cumple con las especificaciones” (Montgomery, 2006).

##### 1.7.6.1 Índice de capacidad del proceso $C_p$

Corresponde a una manera cuantitativa de expresar la capacidad del proceso de cumplir con los requerimientos establecidos.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{\text{Variación tolerada}}{\text{Variación real}} \quad (1)$$

Donde:

USL: Límite superior de especificación

LSL: Límite inferior de especificación

$\sigma$ : Desviación estándar

La interpretación del índice de capacidad se realiza de la siguiente manera:

- $C_p > 1$ : El proceso es capaz de cumplir con las especificaciones
- $C_p < 1$ : El proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones.

#### 1.7.6.2 Índice de capacidad real del proceso $C_{pk}$

Es un indicador de la capacidad del proceso que toma en cuenta el centrado.

$$C_{pk} = \text{mínimo} \left[ \frac{\mu - LSL}{3\sigma} - \frac{USL - \mu}{3\sigma} \right]$$

Donde  $\mu$  corresponde a la media del proceso.

La interpretación del índice de capacidad real se realiza de la siguiente manera (Montgomery, 2006):

$C_{pk} = 0$ : La media del proceso está centrada en uno de los límites de especificación.

$C_{pk} > 1,33$ : El proceso es capaz

$C_{pk} < 1,33$ : El proceso no es capaz

$C_{pk} = C_p$ : El proceso está centrado

$C_{pk} < -1$ : El proceso se localiza fuera de los límites de especificación.

La caracterización de procesos sugiere que, dentro de las actividades que deben realizarse, se encuentra el análisis de la capacidad del proceso. Esto a fin de determinar qué tan capaz es el mismo de cumplir con las especificaciones, y medir dicha capacidad antes y después de efectuar las mejoras establecidas.

#### 1.7.7 Análisis de modo y Efecto de falla (AMEF)

El AMEF es una herramienta que relaciona las fallas o defectos de las características del proceso que afectan las salidas del mismo. Es un procedimiento organizado que permite:

- Reconocer y evaluar las fallas de un producto o procedimiento y los efectos de dichas fallas.
- Identificar acciones que podrían eliminar o reducir la posibilidad de que ocurran fallas potenciales.
- Documentar todo el proceso (Rivera, 2006).

El AMEF asigna para cada entrada del proceso un modo y efecto potencial de fallo, así como las causas potenciales de fallo y los controles existentes. Así mismo, se establece una puntuación del número de prioridad de riesgo (NPR), el cual consiste en la multiplicación de la severidad, ocurrencia y detección del efecto potencial de fallo. Para asignar estas puntuaciones se debe tomar en cuenta el cuadro presentado en el Anexo 2. Con base en el puntaje obtenido de NPR se identifican las fallas con mayor prioridad.

#### 1.7.8 Análisis B vs C

El análisis B vs C es una técnica de validación de procesos, la cual consiste en comparar dos productos, procesos, métodos o prácticas, donde C es la etiqueta para el producto 1 (actual) y B para el producto 2 (mejorado), de igual forma estos pueden ser procesos o métodos (Bhote & Bhote, 2000).

La prueba B vs C es una experimentación comparativa no paramétrica, en la cual no es necesaria ninguna suposición de normalidad. La potencialidad de esta prueba consiste en que solo necesita pequeñas muestras para realizar la comparación de dos productos, procesos o métodos, esto permite reducir tiempos y costos a la hora de efectuar dicha actividad.

Dentro de los objetivos de esta prueba están:

Determinar en qué medida un producto o proceso es mejor que otro, con un 90% de confianza o mayor.

- Asegurar la permanencia de una mejora de un producto o proceso sobre su anterior.
- Evaluar más de dos productos, procesos o materiales (B, C, D, E, etc.) simultáneamente.

##### 1.7.8.1 Pruebas no paramétricas

Como se mencionó anteriormente, la prueba B vs C es del tipo no paramétrica, la cuales se definen como pruebas de distribución libre, debido a que en la mayoría de ellas no es importante como se distribuyan los datos, ya que estas se pueden aplicar tanto a datos que sigan distribuciones normales

o no. Esto implica que estas pruebas también pueden aplicarse a condiciones de aplicabilidad paramétrica (Cáceres, 1995).

## 1.8 Metodología general

La Tabla 1 presenta las actividades, herramientas y resultados esperados para cada una de las etapas de desarrollo del proyecto.

Tabla 1 Metodología General

Etapa	Actividades	Herramientas	Resultados esperados
Diagnóstico	Determinación de las causas de no conformidad	Diagrama de causa-efecto AMEF Entrevistas al personal	Listado de variables críticas del proceso. Lista de modos potenciales de fallo.
	Evaluar el potencial del proceso.	Observación directa Práctica estándar de operación Entrevistas al personal	Determinación del potencial que posee el proceso de cumplir con las especificaciones.
	Estudio de capacidad del proceso	Teoría de elaboración de estudios de capacidad	Índices de capacidad del proceso calculados ( $C_p$ , $C_{pk}$ , $C_a$ , $P(z)$ ).
Diseño	<b>Sistema y ambiente</b>		
	Diseño de ayudas visuales y modificación de instructivos de trabajo para el tratamiento y segregación de producto con granos.	Revisión de la documentación existente.	Ayudas visuales diseñadas.
		Microsoft Visio.	Instructivos de trabajo diseñados o modificados.
	<b>Diseño de puesto</b>		
Establecer un área definida para la colocación de producto con granos en la zona de extrusión.	Coordinación con supervisor de área.	Área establecida para la colocación de producto con granos en la zona de extrusión.	

Tabla 1 Metodología General (continuación)

Etapa	Actividades	Herramientas	Resultados esperados
<b>Diseño</b>	<b>Liderazgo</b>		
	Establecer capacitaciones periódicas para la correcta segregación e identificación de polímeros con granos y la concientización acerca del impacto de los granos sobre el producto.	Recurso humano Revisión de las capacitaciones existentes	Operarios capacitados para la segregación e identificación de polímeros con granos.
	Diseño de mecanismos para la evaluación del desempeño y divulgación de logros.	Pizarra con cumplimiento de metas.	Mecanismos diseñados para la evaluación del desempeño y divulgación de logros.
	<b>Institucionalización</b>		
Diseñar una metodología para la institucionalización del modelo de caracterización de procesos.	Revisión bibliográfica	Metodología para la institucionalización del modelo diseñado.	
<b>Validación</b>	Comparación de escenario actual del proceso contra el propuesto.	Indicador de Tarjetas rojas con granos en el polímero #3. Indicador de scrap por grano de polímero en laterales del producto final.  Análisis B vs C para la cantidad de cargas continuas del molino refinador.  Capacitaciones y modelo de Kirkpatrick.	Cuantificación del impacto de las propuestas diseñadas.

## 1.9 Cronograma de trabajo

La Tabla 2 muestra el cronograma para la realización del proyecto.

Semana	Actividad	Fecha
<b>Diagnóstico</b>		
<b>1 a 3</b>	Selección del número de mezcladora a estudiar. Determinación del tipo de no conformidad de mayor ocurrencia.	Del 11/5/15 al 29/5/15
<b>4 a 6</b>	Selección del tipo de polímero a estudiar.	Del 1/6/15 al 19/6/15
<b>7 a 8</b>	Mapeo del proceso de mezclado y producto no conforme.	Del 22/6/15 al 3/7/15
<b>9 a 11</b>	Determinación de las causas de no conformidad.	Del 6/7/15 al 24/7/15
<b>12 a 13</b>	Evaluar el potencial del proceso	Del 27/7/15 al 14/8/15
<b>14 a 15</b>	Estudio de capacidad del proceso	Del 17/8/15 al 28/8/15
<b>Diseño</b>		
<b>19 a 43</b>	Sistema y ambiente	Del 9/9/15 al 1/3/16
	Diseño de Puesto	
	Liderazgo	
	Institucionalización	
<b>Validación</b>		
<b>44 a 61</b>	Comparación de escenario actual del proceso contra el propuesto.	Del 14/3/16 al 1/7/16

## Capítulo 2. Diagnóstico de proyecto

### 2.1 Objetivo general

Determinar los principales factores que influyen en la variabilidad y en la generación de producto no conforme en el proceso de mezclado.

### 2.2 Objetivos específicos

- Determinar las no conformidades de mayor impacto para el proceso de mezclado.
- Realizar la certificación de proceso para evaluar su comportamiento bajo condiciones establecidas por la práctica estándar de la compañía.
- Determinar las variables de entrada y de salida del proceso de mezclado para establecer las variables críticas que inciden en la generación de producto no conforme.

### 2.3 Metodología

El diagnóstico inicia con la caracterización del proceso, a través del diagrama de flujo, mapa de proceso y el diagrama de gestión del producto no conforme.

Posteriormente se procede a determinar la no conformidad de mayor impacto, mediante un diagrama de Pareto. Se establece el tipo de polímero seleccionado para el estudio, utilizando un Algoritmo de Klee<sup>6</sup>, que contempla los factores: componentes finales desechados por presencia de granos, frecuencia de producción, porcentaje de lotes defectuosos y dosificación de polímeros reprocesados. Con el polímero seleccionado se realiza la certificación de proceso, para evaluar sus condiciones bajo las especificaciones establecidas en la práctica estándar de operación.

Seguidamente se realiza un Ipo Map, para determinar las entradas y salidas que intervienen en el proceso de mezclado, así como categorizar las variables de entrada en controlables o incontrolables.

Para definir las causas de la no conformidad de mayor impacto se realiza un Diagrama Ishikawa, en donde se descartan causas de variación a través de diferentes pruebas. El Diagrama de Ishikawa se utiliza como insumo para la matriz causa efecto, con la cual se asigna una puntuación a cada variable

---

<sup>6</sup> Utilizado para la selección de factores a partir de múltiples criterios o parámetros. Para cada factor se calcula un valor porcentual relativo, considerando los pesos asignados por criterio.

de entrada controlable proveniente del Ipo Map; esto tomando en cuenta el grado de influencia de la variable sobre la generación de la no conformidad de mayor impacto.

Considerando las variables de mayor impacto según la matriz causa efecto, se realiza un AMEF, para establecer de qué manera dichas variables afectan la no conformidad seleccionada para el estudio. Por último, considerando las variables de mayor puntuación según el AMEF, se realiza un diagrama de flujo de funciones cruzadas, para caracterizar su influencia en la generación de producto no conforme.

## 2.4. Resultados obtenidos

A continuación se muestran los resultados obtenidos con la aplicación de herramientas y metodologías empleadas.

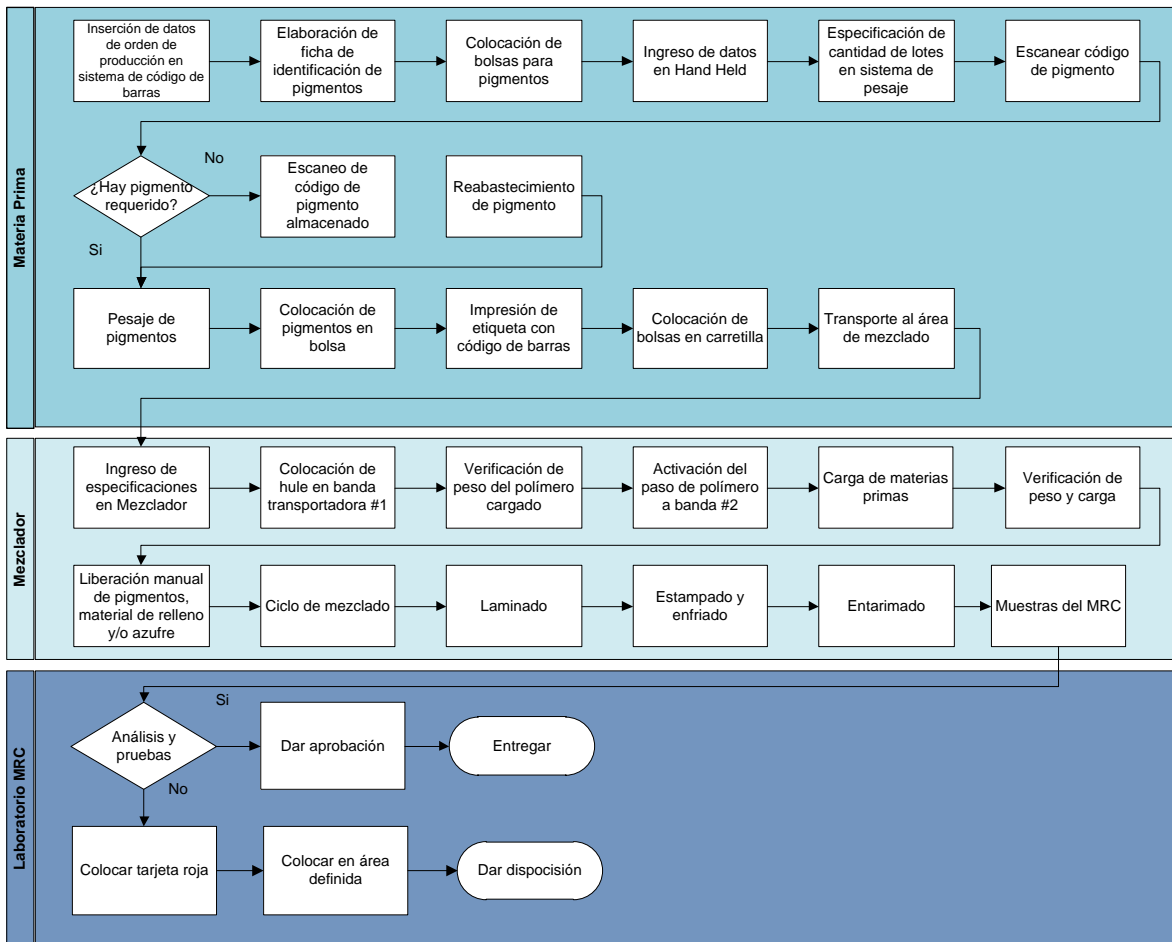
### 2.4.1 Descripción general del proceso

En la Figura 6 se muestra la descripción general del proceso, de acuerdo con las sub áreas involucradas.

En primera instancia se realiza el pesaje de los pigmentos, en el sistema de código de barras ubicado en el área de alisto de materias primas se introducen los datos de número de fórmula, línea de pesaje, nombre del operario, turno y número de máquina mezcladora. Posteriormente el operario elabora la ficha de identificación de pigmentos, la cual contiene el tipo de polímero, número de lotes, código de cada uno de los pigmentos que requiere el polímero y su respectivo peso. Para el pesaje de pigmentos se utilizan 3 líneas de producción, cada una de ellas consta de un sistema automatizado constituido por una balanza digital y una banda transportadora, en la cual se colocan recipientes con bolsas, en cada una se introducen varios tipos de pigmentos destinados para la producción de un lote de polímero.



Figura 6 Proceso de mezclado



Una vez que el operario ha colocado las bolsas en la línea de producción, introduce en la hand held el número de línea, fórmula y código de pigmentista; dichos datos se cargan automáticamente en el sistema de pesaje, en donde se verifica que la fórmula sea la correcta y se digita la cantidad de lotes requeridos (es decir, la cantidad de bolsas a llenar).

Para activar el sistema de pesaje se debe escanear el código de barras, ubicado en el carro que almacena el pigmento, si este coincide con el de la fórmula cargada en el sistema, el operario puede iniciar con el pesaje. En caso de que se agote un tipo de pigmento, el operario escanea su código (en el carro) y el código ubicado en la celda (lugar donde se almacenan los pigmentos en sacos), si ambos códigos coinciden la puerta se abre y el operario extrae los sacos requeridos.

Una vez que se ha activado el sistema de pesaje, el operario se encarga de colocar la cantidad adecuada de pigmentos sobre la balanza, si el sistema detecta que el peso es el correcto, se libera sobre las bolsas ubicadas en la banda transportadora. Para introducir otro tipo de pigmento en las bolsas, se repite el mismo procedimiento de escaneo del carro para la activación del sistema.

Cuando se pesa el último pigmento, el sistema de código de barras imprime automáticamente una boleta con los datos de trazabilidad del producto. Posteriormente, las bolsas se colocan en carretillas para ser trasladadas al área de mezclado. Existen otros componentes que son almacenados en silos (silica, aceites, silano), lo cuales son transportados al área de mezclado a través de tuberías.

Para la producción de un polímero se realizan 3 etapas principales: la primera mezcla del polímero (polímero máster), las siguientes 4 o 5 mezclas (polímero repasado) y una mezcla final (polímero final). Cabe destacar que cada una de las mezclas implica volver a pasar el polímero por la máquina mezcladora. Para el caso de polímero máster la mezcla se compone de polímero sintético o natural, pigmentos y aceites, entre otros; los polímeros repasados no contienen pigmentos u otras materias primas, salvo en casos en que las pruebas de calidad determinen que es requerido, y los polímeros finales contienen azufre, que es el componente clave para que se lleve a cabo el proceso posterior de acabado del producto final. Existen casos en los cuales un polímero final requiere una o varias mezclas adicionales, estos reciben el nombre de polímeros finales repasados.

La máquina Mezcladora 1 produce polímero repasado y final, la Mezcladora 2 polímero máster y repasado, y la Mezcladora 3 máster, repasado, final y final repasado.

Para iniciar propiamente con el mezclado de los polímeros, el operador de montacargas acerca las tarimas de polímero requeridas y el operario ingresa, en el sistema computarizado de formulaciones, el código de la fórmula que se va a mezclar, además de la cantidad de lotes según lo establecido por el plan de producción. Posteriormente el operario coloca la cantidad de polímero virgen establecido en la fórmula, y de ser requerido polímero CNC. El peso es verificado por la balanza de la banda transportadora #1, para luego pasar a la segunda banda.

Por medio de un sistema de luces incorporado a la máquina mezcladora, el operario verifica que el tipo de material cargado y el peso sean los correctos, además de verificar que la carga se llevó a cabo de manera exitosa. En caso de que la fórmula contenga material de relleno, pigmentos o azufre (dependiendo de la etapa del polímero), estos materiales se cargan y liberan manualmente, una vez que los parámetros anteriores han sido verificados.

Cuando todos los materiales han sido introducidos en la tolva de alimentación, un pistón se acciona y los empuja hasta un segundo nivel, en donde se ubica una cámara que consta de dos tornillos sin fin, encargados de mezclar los materiales. La cámara cuenta también con un sistema de enfriamiento que controla la temperatura; en este punto la máquina monitorea la temperatura de la cámara, la compuerta (ubicada en la cámara) y el rotor. Cada una de estas temperaturas varía en

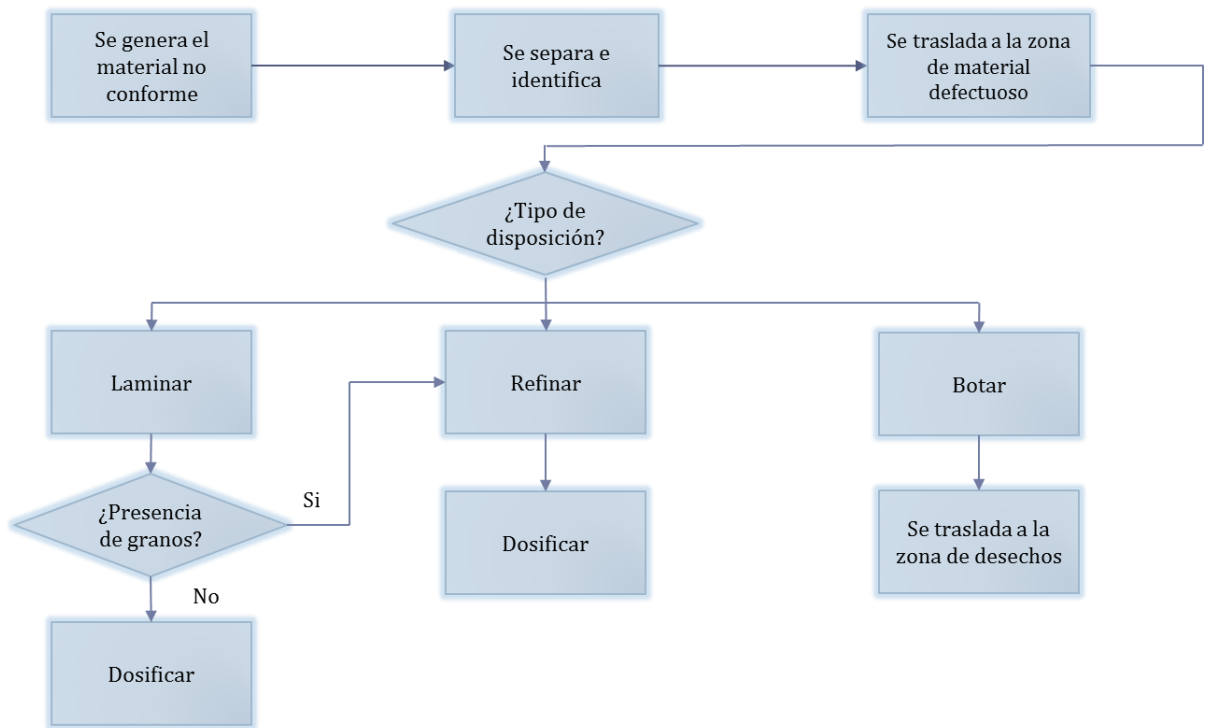
función de la etapa del polímero: máster, amasado, repasado o final. Posteriormente, el polímero cae a un tercer nivel en donde se termina de mezclar (mediante un tornillo sin fin), se lamina (mediante dos rodillos) y cae en una banda transportadora, donde se colocan datos de trazabilidad (nombre del supervisor, la fecha y el código del polímero), y por último se sumerge en una solución jabonosa que impide que las láminas de polímero se peguen entre sí. La banda transportadora traslada el polímero hasta el primer nivel al mismo tiempo que es enfriado por una serie de abanicos. La Mezcladora 1 difiere en su diseño respecto a las Mezcladoras 2 y 3, ya que la laminación se realiza en el primer nivel con la ayuda de un operario.

Por último, las láminas de polímero se colocan en chapas de metal, utilizando un entarimador, el cual coloca el polímero doblado, en grupos de hasta 6 lotes en una chapa. En el sistema de entarimado el operario introduce el peso del polímero a entarimar y la cantidad de lotes por tarima, además este sistema es el encargado de tomar las muestras para ser analizadas en el laboratorio MRC.

Cuando la chapa contiene la cantidad de polímero requerida se traslada a la zona de almacenamiento temporal y se le coloca una ficha de trazabilidad. Una vez que las pruebas de laboratorio dan la aprobación del polímero y se cumple el tiempo de reposo requerido, se identifica en la ficha de trazabilidad como apta para el uso. En caso de que las pruebas de laboratorio indiquen que el polímero no cumple con los requerimientos establecidos, se le coloca una tarjeta roja y se traslada al área de producto no conforme, en donde el polímero espera por disposición.

Los departamentos cliente del proceso de mezclado no solamente requieren que el polímero cumpla con ciertas características químicas, existen otros requerimientos de carácter físico, como por ejemplo que el polímero no presente granos, que se encuentre correctamente entarimado y cortado, entre otros. En ambos casos el procedimiento que se debe seguir para el manejo del producto no conforme se presenta en la Figura 7.

Figura 7 Proceso de gestión del producto no conforme

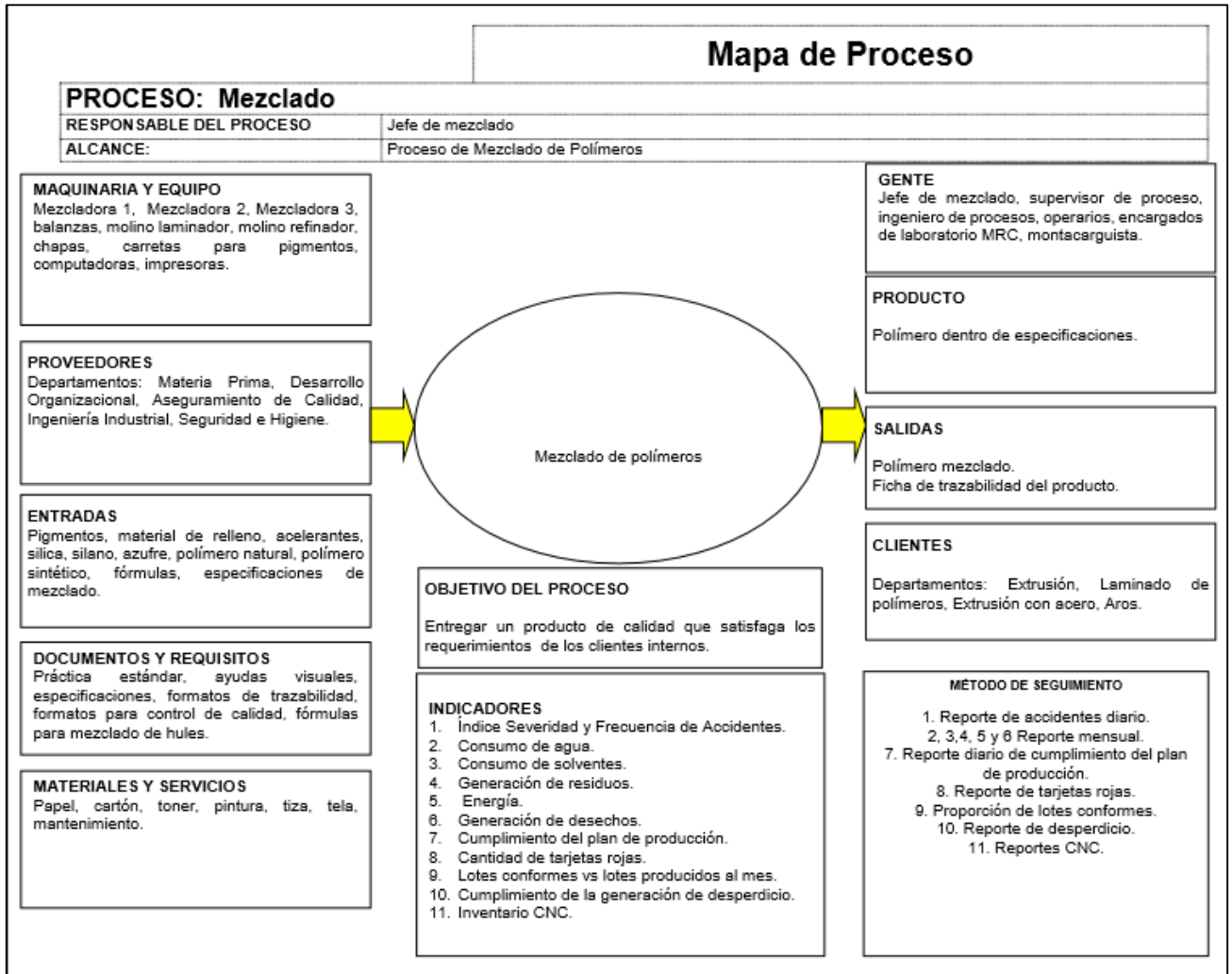


El producto no conforme debe identificarse con una tarjeta roja, donde se especifica: la razón por la cual se califica como material defectuoso, código del polímero, fecha, nombre y firma de la persona detectora del material, así como el departamento donde se generó el material defectuoso. Luego de que el material es identificado, segregado y colocado en la zona correspondiente, el personal del laboratorio MRC o el supervisor del proceso proceden a evaluarlo para asignarle algunas de las siguientes disposiciones:

- Laminar: Laminar el polímero nuevamente en la máquina Mezcladora (1 o 3) o molino laminador de CNC. Si el polímero laminado presenta granos, se coloca nuevamente en la zona de tarjetas rojas para luego ser reprocesado en el molino refinador.
- Refinar: Procesar a través del molino refinador para extraer los granos de polímero.
- Botar: En esta condición el material no tiene uso posible y se declara como desecho. Esto ocurre en caso de que el polímero se queme dentro de la mezcladora o que posea muchos granos, de tal manera que no se pueda rescatar nada en la máquina refinadora.

Adicionalmente, se realiza el mapa de proceso de mezclado (Figura 8), en donde se detallan las entradas, salidas, proveedores, documentos, materiales, indicadores y metas, entre otros elementos de importancia para caracterizar el proceso bajo estudio.

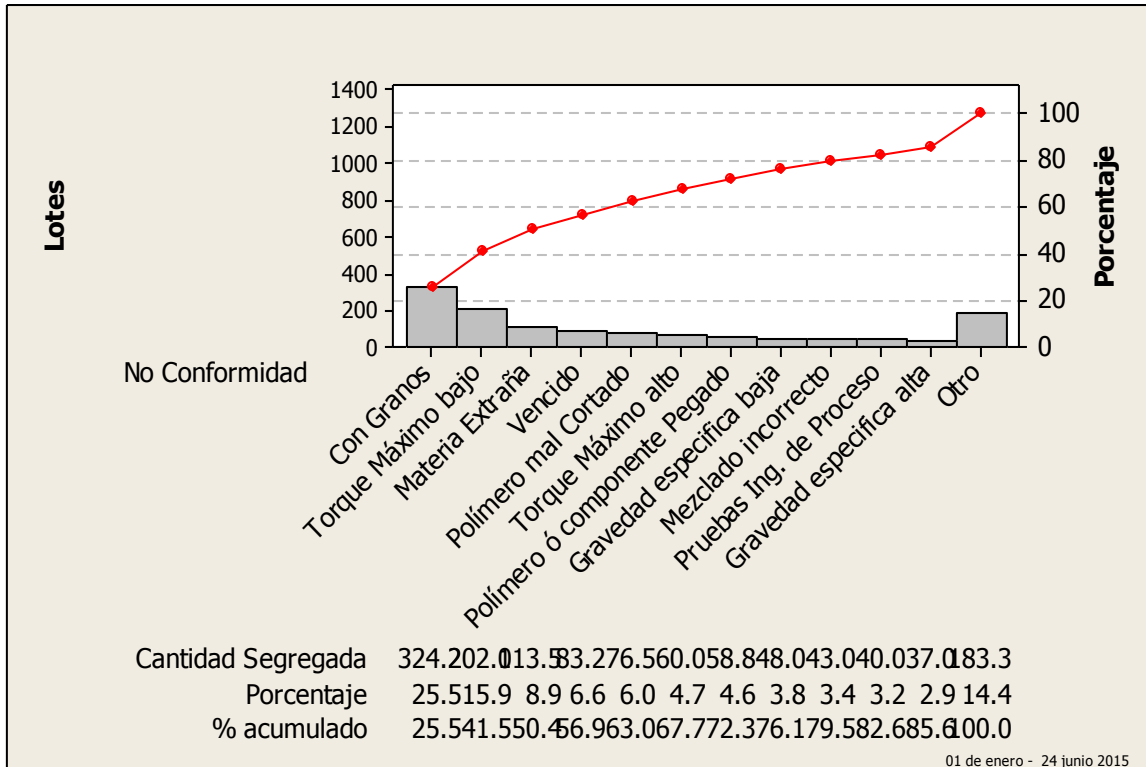
Figura 8 Mapa de proceso de mezclado



## 2.4.2 Determinación de las no conformidades de mayor impacto

Con el fin de determinar las no conformidades de mayor impacto en el proceso de mezclado, se realiza un diagrama de Pareto, el cual presenta la cantidad de lotes de producto no conforme relacionado con cada una de las no conformidades existentes.

Figura 9 Diagrama de Pareto de no conformidades en mezclado



Según la Figura 9 un 25,5% de los lotes no conformes presentan granos (porciones duras en la lámina de polímero). Cabe destacar que este es el único defecto que implica la generación de desperdicio, después de realizar el reproceso correspondiente para retirarlos de la lámina, estas porciones de polímero ya no poseen las propiedades físico-químicas requeridas para ser utilizadas en los procesos siguientes.

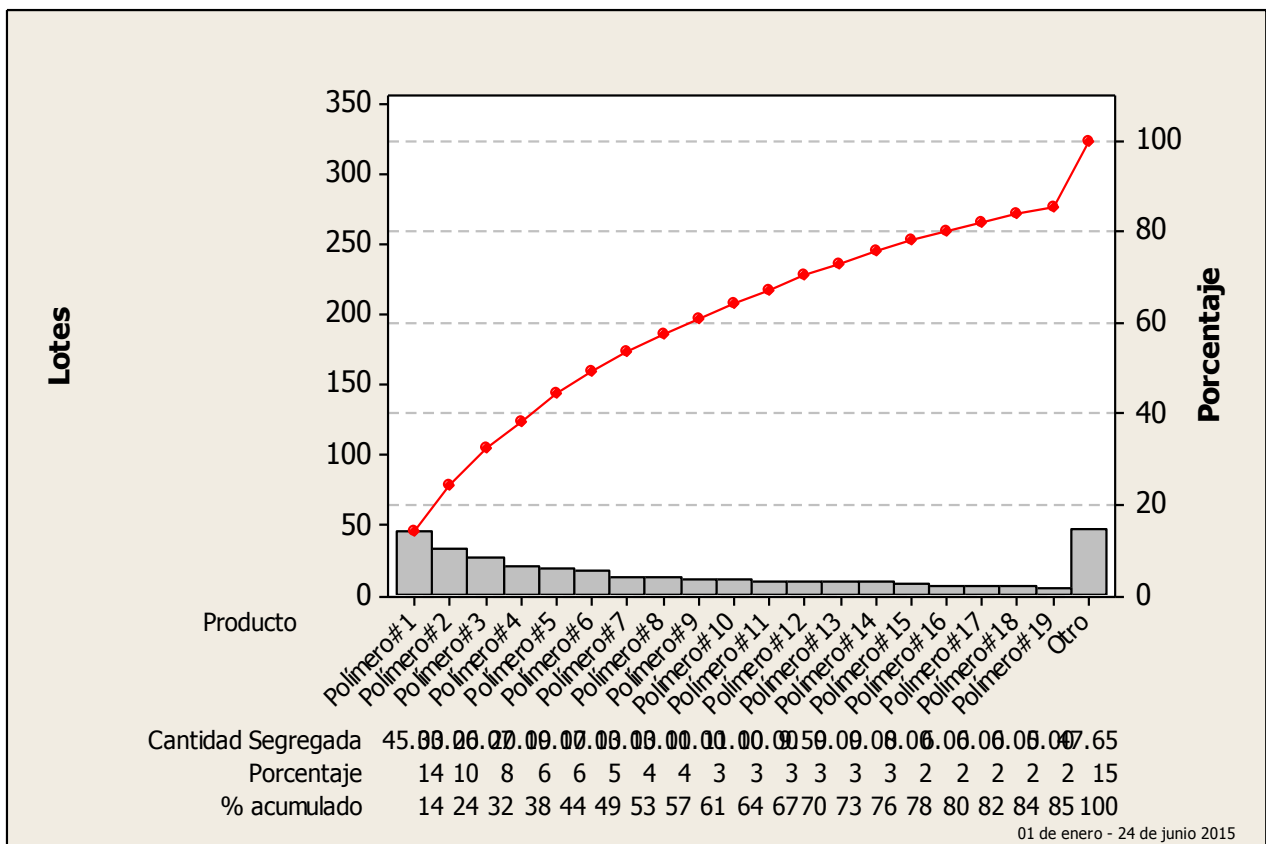
Considerando la producción total de polímeros finales, un 0,6% de los lotes presentan el defecto asociado a los granos, además un 5% del producto final desechado posee granos, lo cual implica en promedio una pérdida de 5 componentes finales al día. Estos porcentajes a pesar de parecer pequeños son significativos en la industria bajo estudio debido a los altos costos de fabricación de

este tipo de productos. Considerando lo anterior, se determina que el defecto a ser estudiado es la generación de granos en la lámina de polímero.

### 2.4.3 Selección del tipo de polímero

La Figura 10 presenta la cantidad de lotes con granos por tipo de polímero, de los 42 tipos de polímeros que se producen en la compañía se realiza una preselección de los polímeros #1, #2 y #3, esto debido a que son los polímeros que presentan mayor cantidad de lotes con granos.

Figura 10 Diagrama de Pareto de granos por tipo de polímero



Considerando los 3 polímeros preseleccionados, se realiza un Algoritmo de Klee para determinar el polímero a ser estudiado, esto con base en los siguientes criterios:

- Producto final desechado por presencia de granos.
- Frecuencia de producción.
- Porcentaje de lotes con granos: cantidad de lotes con granos en relación con su producción.
- Dosificación de polímeros reprocesados: utilización de polímero reprocesado como parte de los insumos para su producción.

Esta herramienta se aplica con el apoyo técnico del ingeniero de procesos del área de mezclado y el jefe del laboratorio MRC. La Tabla 3 muestra los resultados de la aplicación del Algoritmo de Klee para la selección del polímero.

Tabla 3 Aplicación del Algoritmo de Klee

<b>Criterio</b>	<b>Polímero # 1</b>	<b>Polímero # 2</b>	<b>Polímero #3</b>
<b>Producto final desechado por presencia de granos</b>	0	0	50
<b>Frecuencia de producción</b>	75	50	50
<b>Porcentaje de lotes de polímero con granos</b>	25	50	75
<b>Dosificación de polímero CNC</b>	0	50	75
<b>Suma</b>	100	150	250
<b>Puntaje</b>	<b>21%</b>	<b>32%</b>	<b>53%</b>

Se selecciona el polímero #3 debido a que este presenta el mayor puntaje. Los criterios de influencia para la selección son: producto final desechado por presencia de granos, el porcentaje de lotes de polímero con granos y la dosificación de polímero CNC.

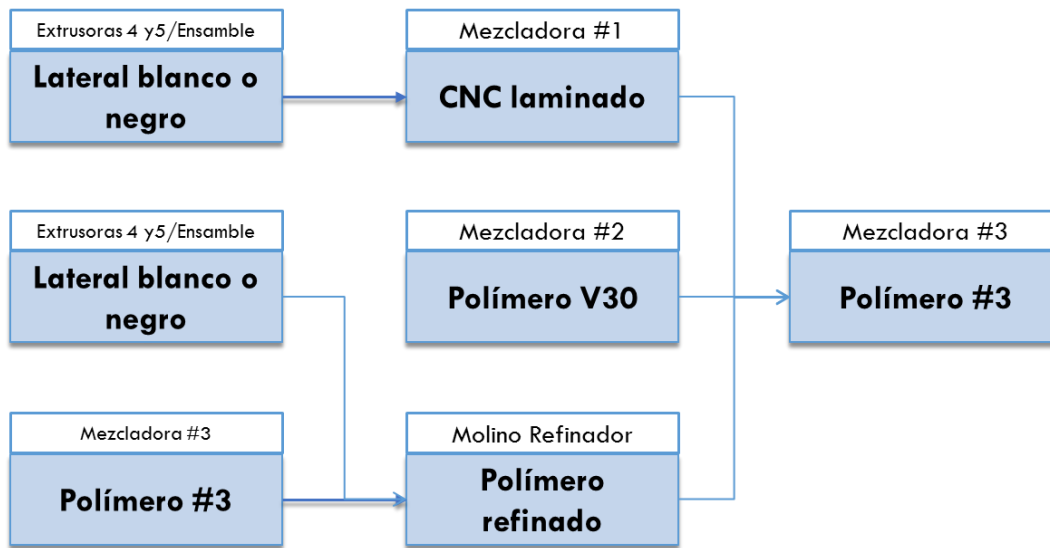
La Figura 11 muestra la composición del polímero seleccionado, para el cual el CNC representa un 25% de la materia prima para su producción. Este polímero está constituido por laterales (componentes producidos en las Extrusoras 4 y 5), y se relaciona con defectos asociados a aspectos



físicos, como por ejemplo incumplimiento del ancho o grosor, alero picado<sup>7</sup>, etc. Dicho material también puede proceder del área de ensamble, donde se segrega por los mismos motivos.

El CNC proveniente del área de extrusión y ensamble se lamina en la Mezcladora 1 y posteriormente se dosifica en el polímero #3, que se produce en la Mezcladora 3. El otro componente del polímero #3 es el polímero V30, que se produce en la Mezcladora 2. Adicionalmente, en caso de que haya polímero refinado se dosifica una lámina por lote de polímero #3 (Figura 11).

Figura 11 Composición del polímero #3.



#### 2.4.4 Certificación del Proceso

En control estadístico de procesos, el término certificación de proceso se refiere a la acción que ejecuta una persona al realizar los estudios de variabilidad del proceso a corto, mediano y largo plazo (Barrentine, 2003).

Posterior a la selección del polímero bajo estudio, se realiza la certificación del proceso a corto plazo, en la cual se garantiza que la mano de obra, materiales y equipos posean las condiciones establecidas en la práctica estándar de operación, esto con el fin de evaluar si bajo dichas

<sup>7</sup> Cuando la orilla del componente presenta huecos o deformaciones.

condiciones el producto presenta granos. La certificación se realiza en la Mezcladora 1 y 3 debido a que el polímero CNC se lamina en la Mezcladora 1 y el polímero #3 se produce en la Mezcladora 3.

Los sub-procesos certificados son los siguientes:

### **1. Proceso de alisto de materia prima:**

En primera instancia se verifica que el laminado de CNC en la Mezcladora 1 se realice según las condiciones de producción establecidas por la práctica estándar, esto considerando los factores relacionados con la operación de la máquina tales como temperatura, energía y presión. Además se verifica que el tipo de lateral a laminar sea el indicado.

Para el caso del pesaje de pigmentos, se verifica que las balanzas estén calibradas y en las condiciones óptimas de operación, además se comprueba que los pigmentos utilizados sean los correctos de acuerdo con la fórmula del producto.

### **2. Proceso de mezclado del polímero:**

Para el proceso de mezclado se evalúan los siguientes aspectos:

- **Equipo:** Se comprueba que el equipo se encuentre en condiciones óptimas de operación, para ello se verifica la calibración de las balanzas, tanto de las bandas transportadoras como del pesaje de pigmentos, y termocuplas de la cámara de mezclado; además se verifica que el equipo no presente ninguna falla mecánica o eléctrica.
- **Mano de obra:** Se dispone de operarios calificados del proceso.
- **Materiales:** Se verifica que los materiales utilizados correspondan a la fórmula establecida para el polímero seleccionado.

**Proceso:** Se verifica que las variables de entrada tales como energía, temperatura, presión y tiempo de mezclado, se encuentren dentro de los límites de especificación establecidos por la práctica estándar y demás documentos de control.

Propiamente para la certificación del polímero #3 se realiza un muestreo de 30 lotes en grupos de 5, distribuyendo los grupos aleatoriamente en el tiempo. En cada uno de los lotes muestreados se realiza una inspección visual para identificar la presencia de granos, además se toma una pequeña muestra de polímero para verificar si existen granos en el interior de la lámina, esto se efectúa

realizando varios cortes a las mismas. La inspección es realizada con el apoyo del operario y el ingeniero de proceso.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la certificación del proceso.

### **Mezcladora 1**

En la Mezcladora 1 se realizó el mezclado del polímero CNC-lateral negro, que es dosificado en la producción del polímero #3. En relación con variables como energía, temperatura, presión y tiempo no se presentaron valores fuera de especificación que afectaran la calidad del polímero mezclado.

Para la corrida de producción analizada se identifica con tarjeta roja un 10% de los lotes debido a la presencia de granos.

### **Mezcladora 3**

En el caso de la corrida del polímero #3, se dosifica polímero CNC-lateral negro certificado en la Mezcladora 1, en el cual se identifica la presencia de granos. Dentro de las actividades que debe realizar el operario para el laminado del polímero no se encuentra la inspección del estado del CNC, debido a que en este punto debe poseer las condiciones apropiadas para su uso. No obstante, el operario identifica la presencia de material graneado, el cual es segregado y no se utiliza dentro del proceso.

Como resultado del muestreo realizado se tiene que un 57% de los lotes muestreados presentan granos y un 6,67% de las muestras de polímero tomadas presentan granos en el interior de la lámina.

## 2.4.5 Causas de generación de granos

A continuación, se aplican una serie de herramientas a través de las cuales se determinan y caracterizan las variables y factores que intervienen en la generación de granos en la lámina de polímero.

### 2.4.5.1 Mapeo de entradas y salidas del proceso (“IPO MAP”)

Por medio de la realización del Ipo Map se logra definir todas las variables de entrada asociadas a cada uno de los subprocesos de producción del polímero #3. Se identifican un total de 57 variables de entrada de tipo controlable (Tabla 4).

Tabla 4 Ipo Map del proceso de mezclado

Entradas	Tipo	Subproceso	Salida
Tarjeta de fórmula para producto	Controlable	Ciclo de mezclado	Polímero mezclado
Cantidad de pigmentos	Controlable		
Envejecimiento de los pigmentos	Controlable		
Cantidad de material de relleno	Controlable		
Cantidad de aceites	Controlable		
Cantidad de silica	Controlable		
Cantidad de silano	Controlable		
Cantidad de azufre	Controlable		
Tiempo en cámara	Controlable		
Cantidad de polímero refinado a dosificar	Controlable		
Cantidad de polímero CNC a dosificar	Controlable		
Humedad relativa	Controlable		
Temperatura ambiente	Controlable		
Temperatura de zona compuerta	Controlable		
Temperatura de zona de rotores	Controlable		

Tabla 4 Ipo Map del proceso de mezclado (continuación).

Entradas	Tipo	Subproceso	Salida
Temperatura de zona cámara	Controlable	Ciclo de mezclado	Polímero mezclado
Temperatura de descarga	Controlable		
Energía de descarga	Controlable		
Presión del pistón	Controlable		
Cantidad de acelerantes	Controlable		
Velocidad de los rotores	Controlable		
Especificación del ancho de lámina	Controlable	Laminado	Polímero laminado
Especificación del espesor de lámina	Controlable		
Velocidad de rodillos laminadores	Controlable		
Velocidad de banda transportadora de salida	Controlable		
Velocidad de banda transportadora tanque	Controlable		
Velocidad banda transportadora barras	Controlable		
Cantidad de tiras por lámina	Controlable	Estampado y cortado	Polímero estampado y cortado
Datos de trazabilidad del producto	Controlable		
Cantidad de turbinas de enfriamiento	Controlable	Enfriado	Polímero enfriado
Tipo de solución jabonosa	Controlable		
Concentración de la solución jabonosa	Controlable		
Temperatura máxima de entarimado	Controlable	Entarimado	Polímero entarimado
Calibración del pirómetro	Controlable		
Cantidad de lotes por tarima	Controlable		

Tabla 4 Ipo Map del proceso de mezclado (continuación).

Entradas	Tipo	Subproceso	Salida
Cantidad de muestras por lote	Controlable	Pruebas de calidad	Polímero aceptado o rechazado
Espesor de muestra	Controlable		
Orden de muestreo	Controlable		
Calibración de equipos	Controlable		
Especificación de torque máximo, torque mínimo y TC-50	Controlable		
Especificación de gravedad específica	Controlable		
Especificación de viscosidad	Controlable		

#### 2.4.5.2 Diagrama de Ishikawa

Una vez que se han determinado las variables de entrada del proceso se realiza un Diagrama de Ishikawa (Figura 12) con el objetivo de determinar las causas de la generación de granos en la lámina de polímero. Se agrupa dichas causas dentro de 3 categorías: mano de obra, métodos y máquinas.

Figura 12 Diagrama de Ishikawa para la generación de granos

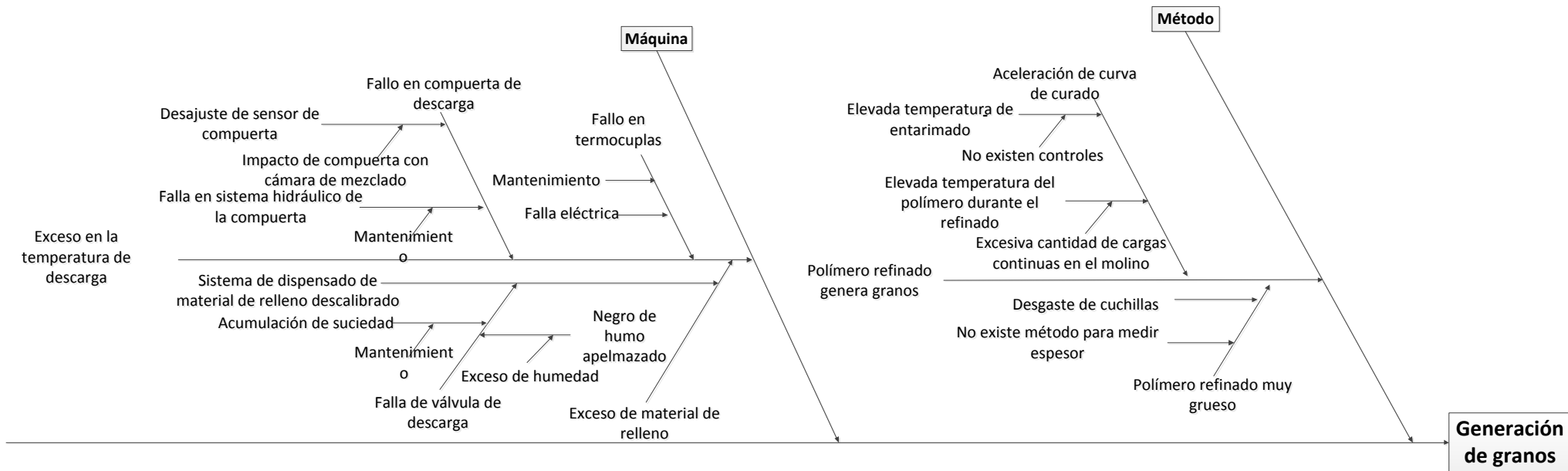
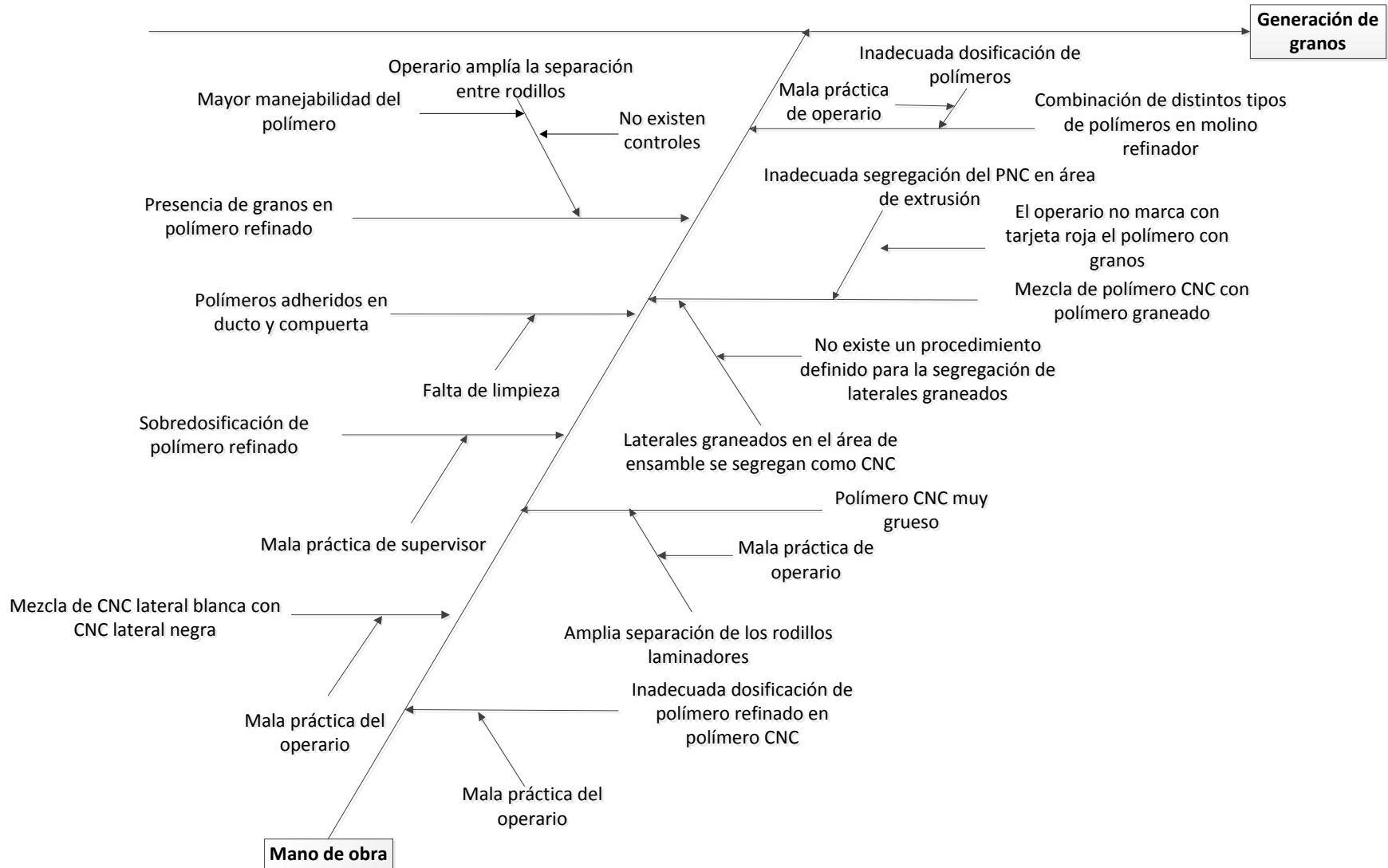


Figura 12 Diagrama de Ishikawa para la generación de granos (continuación)





## **1. Máquina:**

Este factor considera elementos como las condiciones de operación de la máquina, ajustes, mantenimiento y diferencias entre máquinas.

*Exceso en la temperatura de descarga:* Se refiere a la temperatura del polímero al ser descargado de la cámara de mezclado y se da debido a un fallo en la compuerta de descarga, exceso en la cantidad de material de relleno o fallo de termocuplas.

Un fallo en la compuerta de descarga puede ocurrir debido a un desajuste del sensor ubicado en la misma, esto a causa del impacto de la compuerta con la cámara al momento de cerrarse. Además, puede fallar a causa del sistema hidráulico que controla la misma, estas fallas se relacionan con deficiencias en el mantenimiento.

Las termocuplas son los elementos que forman parte del sistema de enfriamiento del mezclador, las mismas miden la temperatura dentro de la cámara durante el mezclado, con el fin de evitar excesos de temperatura. En caso de que exista una falla en las termocuplas, se posibilita el aumento en la temperatura del polímero, lo cual desencadena en la generación de granos. Estas fallas se relacionan con deficiencias en el mantenimiento o fallas del sistema eléctrico del mezclador.

El exceso en la cantidad de material de relleno ocurre cuando el sistema de dispensado del mismo se encuentra descalibrado, esto debido a una falla en la válvula de descarga, que ocurre cuando el material de relleno se apelmaza a causa de la humedad o cuando existe acumulación de suciedad en la misma.

## **2. Método:**

Considera si están definidos los métodos de trabajo, las operaciones y las responsabilidades, y en caso de que estén definidos cuestiona si son adecuados.

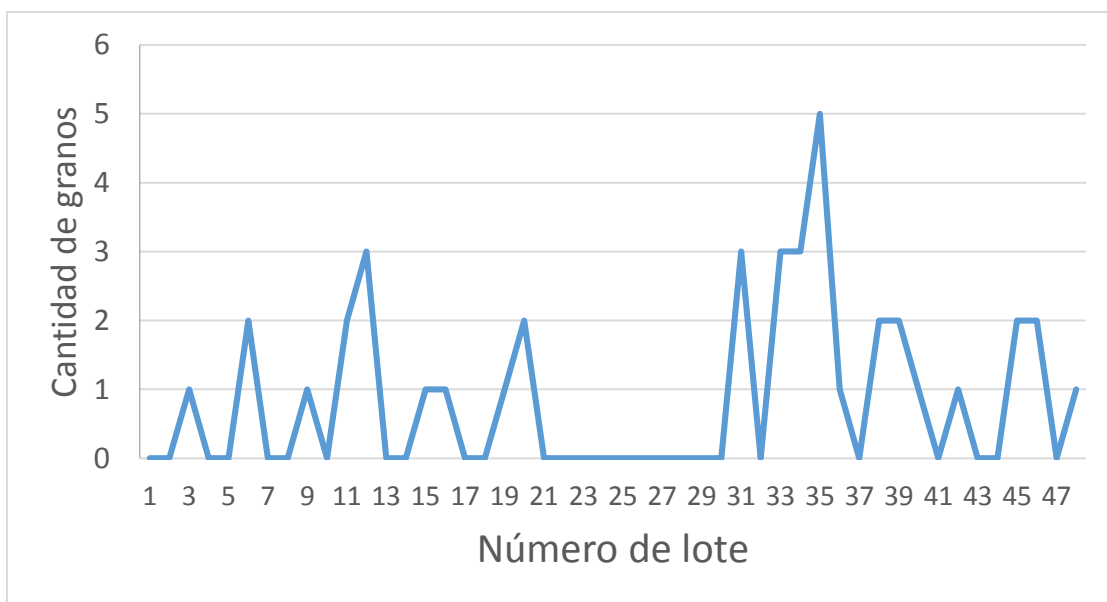
Para el caso del proceso de mezclado se identifica el siguiente factor de influencia en la generación de granos:

*Polímero refinado genera granos:* Con el objetivo de verificar que en las condiciones actuales del proceso el polímero refinado es un factor que influye en la generación de granos, se realiza una prueba en donde se dosifica de acuerdo con la especificación de cantidad de láminas, verificando que los factores relacionados con la máquina, la mano de obra y la materia prima se encuentren dentro de los niveles nominales.

Cabe destacar que el tamaño de muestra se considera significativo para la obtención de resultados confiables en el ámbito técnico y práctico del proceso, lo cual es avalado por el ingeniero de procesos. Se recurre a un sustento técnico y práctico para la definición del tamaño de muestra debido a que, si se calcula de manera estadística considerando una distribución binomial y un margen de error de 0,05, los resultados indican que se debe tomar 401 muestras, lo cual se imposibilita debido a factores de tiempo y recursos.

Los resultados obtenidos indican que efectivamente el polímero refinado en las condiciones actuales del proceso genera granos. La Figura 13 muestra la cantidad de granos de tamaño visible (aproximadamente entre 1 cm y 1,5 cm de diámetro) que se obtuvieron por lote, en donde se observa que se obtiene como máximo una cantidad de 5 granos en un lote.

Figura 13 Cantidad de granos por lote

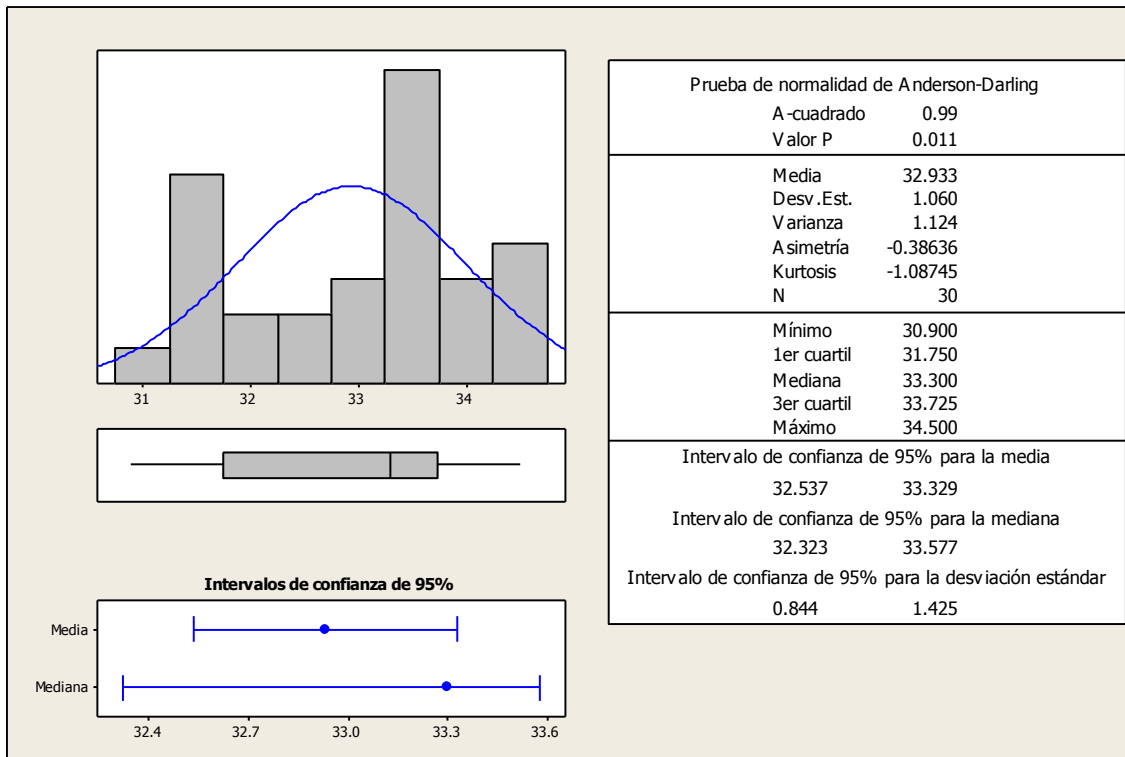


En el proceso de refinado de polímero, el mismo es entarimado manualmente por el operario, quien debe colocar en una chapa las láminas después de que se han enfriado. Para enfriar el polímero, se coloca sobre una percha y se ventila utilizando un abanico. En este caso no existe un control asociado a la temperatura máxima de entarimado, por lo cual el operario puede entarimar las láminas de polímero calientes, lo cual provoca un avance en la curva de curado del polímero<sup>8</sup>, y

<sup>8</sup> La curva de curado muestra el avance de la reacción de curado en el tiempo, a una temperatura dada.

ocasiona que se generen granos, debido a que, entre mayor sea el avance en la curva, más rápido se dará la reacción de curado del polímero.

Figura 14 Temperatura de entarimado del polímero refinado



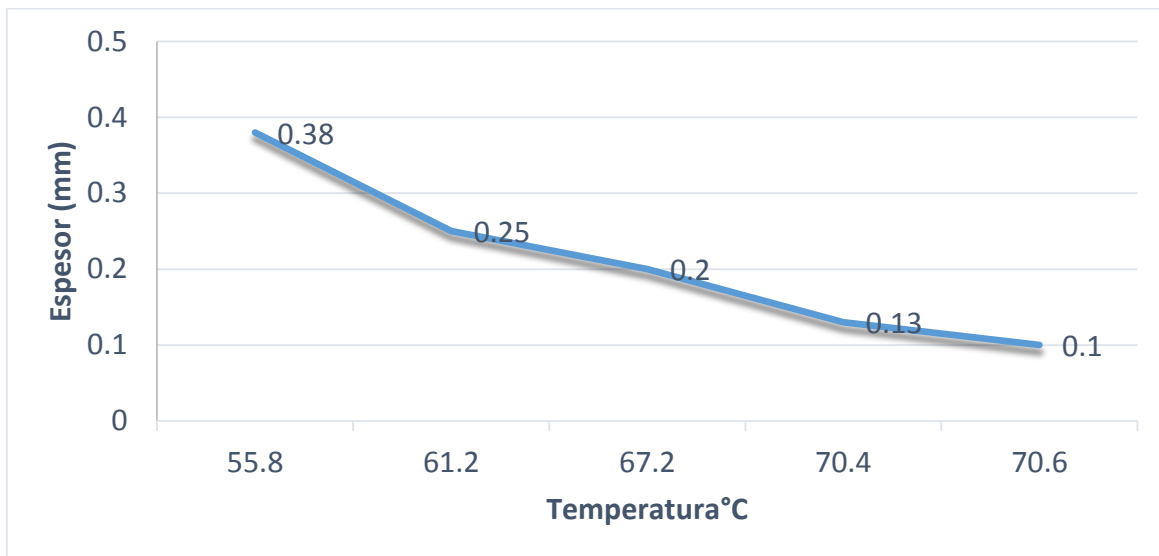
Para verificar si el factor descrito anteriormente genera granos en el producto se procede a realizar un muestreo de la temperatura de entarimado, los resultados se muestran en la Figura 14. El intervalo de confianza del 95% para la mediana es de 32,3 ° C a 32,6 ° C; se considera el intervalo de confianza para la mediana debido a que los datos no poseen una distribución normal. La especificación según la práctica estándar indica que esta variable debe ser menor o igual a 43 °C, por lo tanto, se descarta que este factor posea influencia en la generación de granos.

La temperatura y el tiempo constituyen factores críticos en la generación de granos, ya que entre mayor sea la exposición del polímero a altas temperaturas mayor será la probabilidad de que el polímero se cure antes de tiempo, esto según conocimiento técnico de la empresa. A través del involucramiento en el proceso se determina que entre mayor sea la cantidad de cargas continuas en el molino refinador, mayor es el aumento de la temperatura del polímero durante el proceso de refinado, debido al trabajo mecánico generado sobre el polímero por los rodillos del molino refinador.

Previo al proceso de refinado, se debe precalentar el polímero en otro molino, de donde se obtienen rollos para ser refinados. Una carga del molino refinador se refiere al procesamiento de un rollo de polímero.

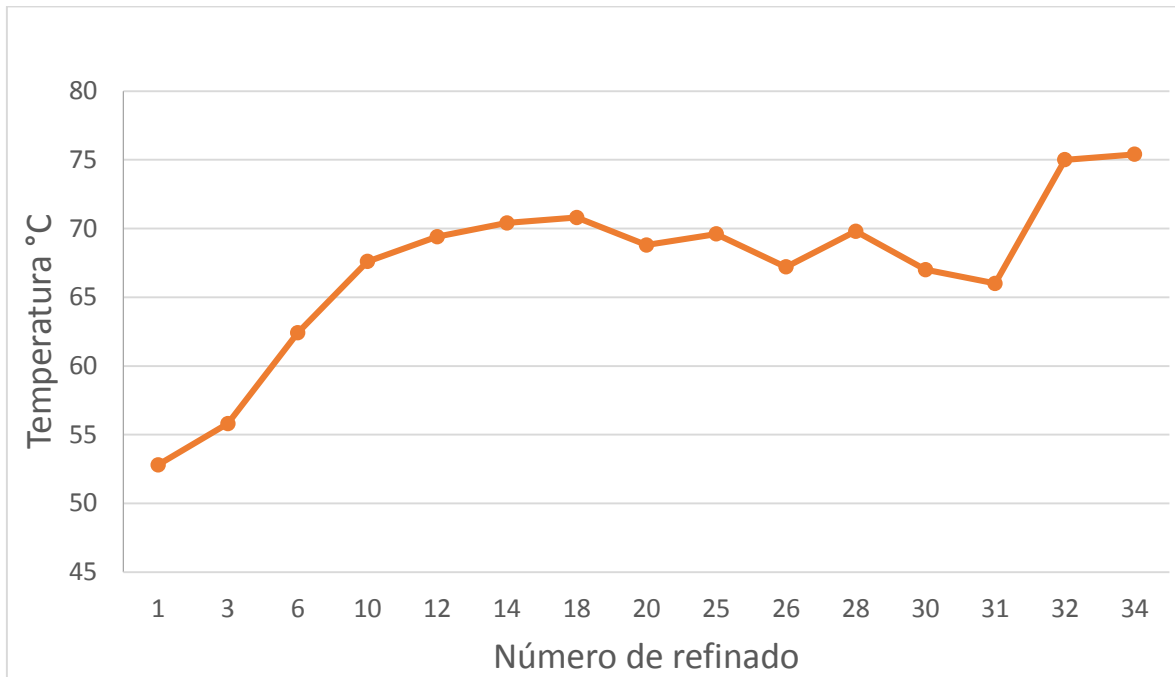
El aumento en la temperatura del polímero refinado ocasiona que las pequeñas láminas de las cuales se conforma el polímero refinado disminuyan su grosor (Figura 15).

Figura 15 Espesor de láminas



La Figura 16 muestra cómo a medida que aumenta la cantidad de refinados (y con ello la cantidad de cargas continuas en el molino) se produce un aumento en la temperatura del polímero, hasta llegar a una temperatura en donde las pequeñas láminas se rompen, imposibilitando la formación de la lámina de polímero refinado. Lo anterior sucede aproximadamente a 70° C, lo cual equivale al refinado #18. Bajo esta situación el operario detiene el molino refinador aproximadamente 10 minutos, para dejar que se enfríe el polímero y así poder continuar posteriormente con el proceso.

Figura 16 Temperatura del polímero refinado

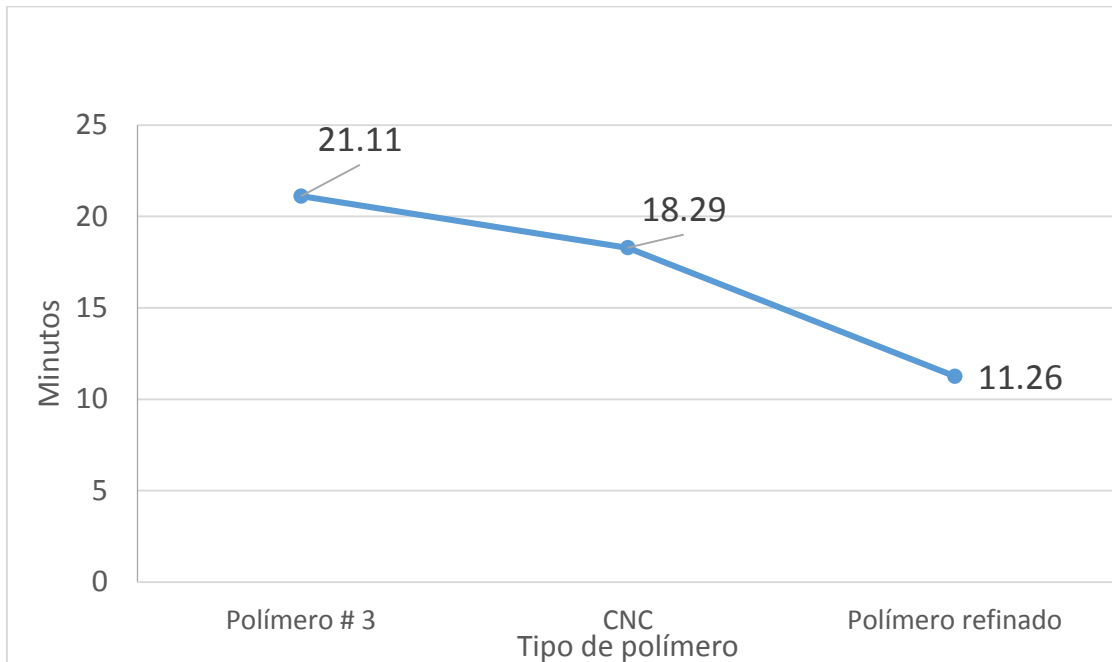


Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente y lo observado en el proceso, se infiere que al procesar aproximadamente 6 o 7 cargas continuas del molino, las pequeñas láminas de polímero se rompen y se alcanza una temperatura aproximada de 70 °C.

El polímero refinado constituye un tipo de polímero que al haber sido reprocesado posee un mayor avance en la curva de curado, por lo cual se torna más sensible a la exposición al calor y a la generación de granos. Cuando se realiza la prueba de laboratorio para obtener la curva de curado (prueba de scorch) del polímero, se genera un indicador del tiempo que resta para que a cierta temperatura el polímero se cure, es decir, es el punto de inflexión donde se acelera la velocidad de reacción, este indicador se denomina t5.

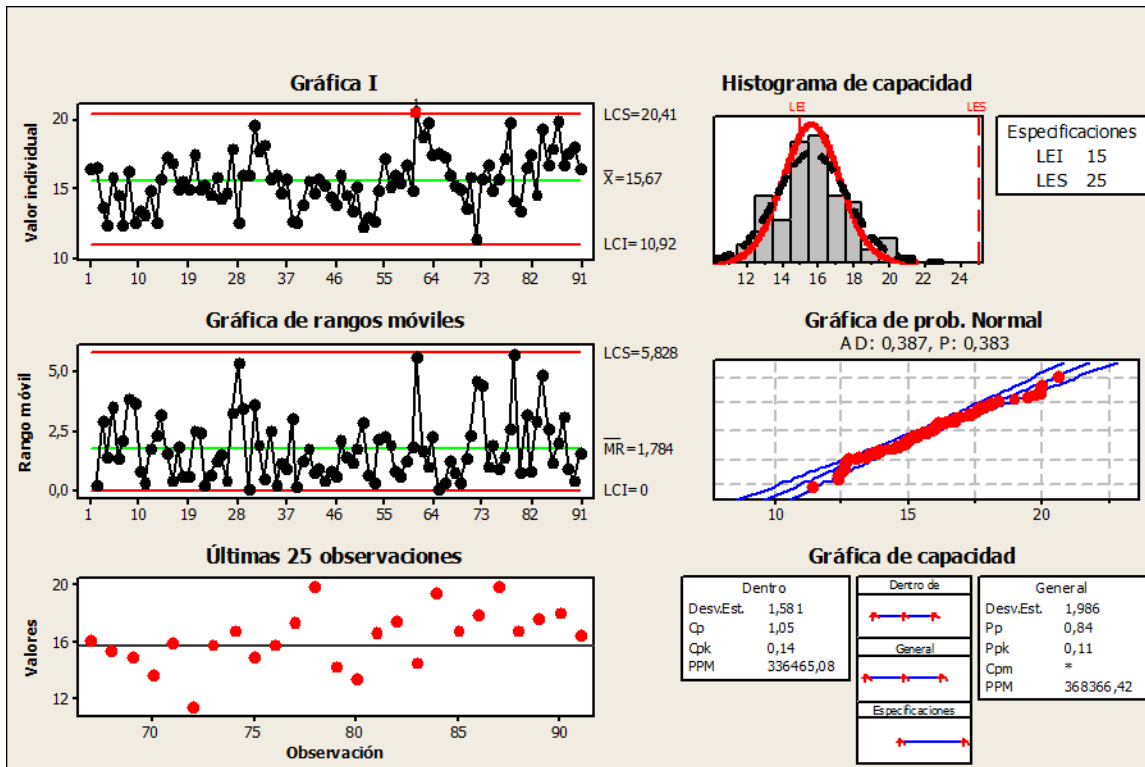
La Figura 17 muestra la comparación entre el t5 del polímero #3, el CNC y el polímero refinado. Como es de esperarse el polímero refinado presenta un t5 menor, esto evidencia efectivamente que es un polímero con mayor sensibilidad ante la exposición al calor. Es por ello que el aumento de la temperatura debido a una excesiva cantidad de cargas en el molino refinador es un factor que afecta en la generación de granos.

Figura 17 Prueba de Scorch (t5)



Respecto a la siguiente causa en el Diagrama de Ishikawa, relacionada con el grosor del polímero refinado, se procede a realizar un muestreo y a calcular la capacidad del proceso tomando en cuenta la especificación del grosor (Figura 18).

Figura 18 Capacidad de proceso grosor polímero refinado



Según los resultados obtenidos, los datos se ajustan a una distribución normal y poseen un comportamiento estable. La capacidad potencial del proceso ( $C_p$ ) corresponde a 1,05; esto indica que el proceso es capaz, no obstante, si se considera el indicador de centrado ( $C_{pk}$ ) el proceso no es capaz y está descentrado hacia el límite inferior de especificación. Considerando que, para el caso del polímero refinado, la generación de granos se daría si el grosor estuviera por encima del límite superior, esto no representa un problema y dicho factor se descarta de entre las causas de generación de granos.

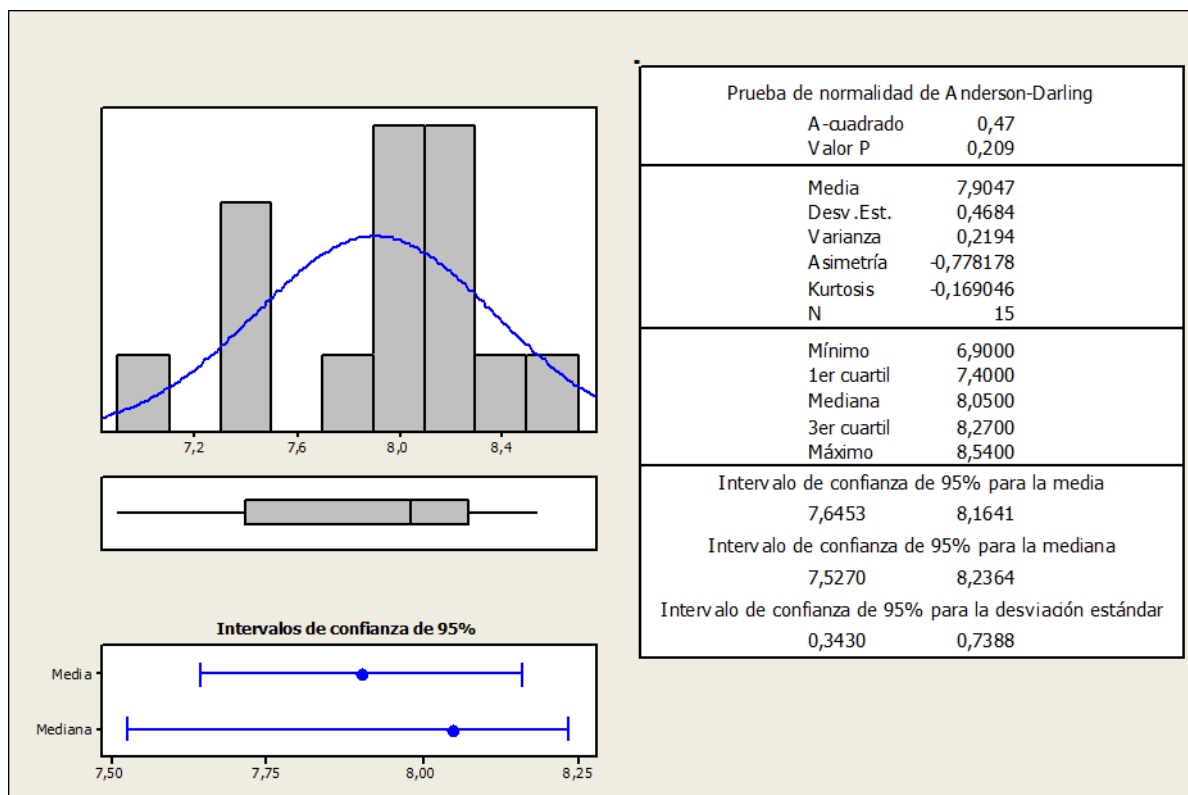
**3. Mano de obra:** Este factor considera las capacidades, conocimientos, habilidades y motivación de los colaboradores. Para el proceso bajo estudio se determinan las siguientes causas de generación de granos asociadas con el factor mano de obra:

*Polímero CNC muy grueso:* En caso de que el polímero CNC que se dosifica en el polímero #3 sea muy grueso, es posible que se generen granos debido a que se concentra en mayor medida el calor interno y por ende propicia el curado antes de tiempo. La especificación de grosor varía en función del tipo de polímero, por lo cual el operario modifica la separación de los rodillos para ajustar el

grosor, dado esto, la lámina de polímero puede salir más gruesa ante el descuido del operario de no ajustar la separación entre los rodillos.

La especificación del grosor para el polímero CNC corresponde a 8 mm, de acuerdo con esto, se realiza una prueba de hipótesis para determinar si dicha especificación está siendo cumplida, pero antes se verifica que los datos se ajusten a una distribución normal (Figura 19). Debido a que el p-value es mayor a 0,05, los datos se ajustan a una distribución normal y por ende es posible realizar la prueba de hipótesis que se presenta en la Figura 19.

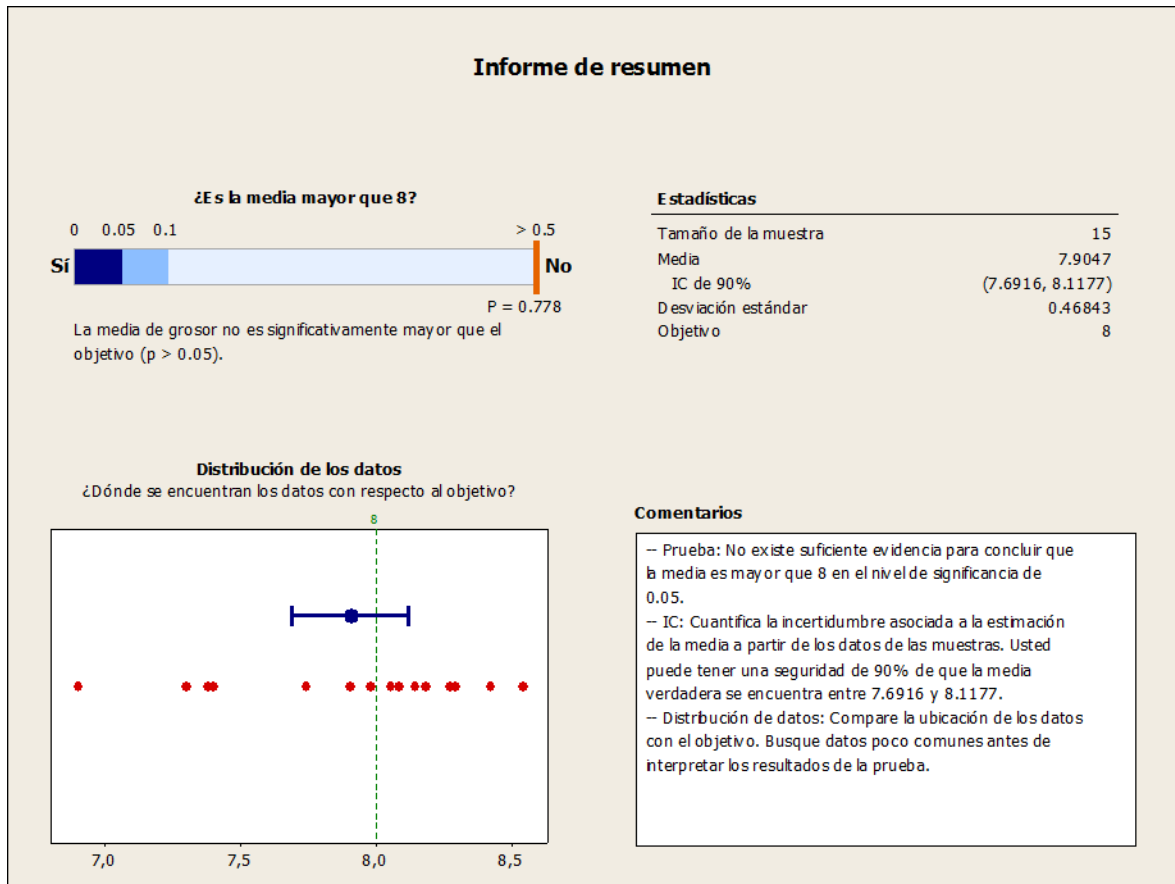
Figura 19 Resumen para grosor CNC



La Figura 20 muestra que no existe evidencia significativa de que el grosor sea mayor a la especificación debido a que el p-value es mayor a 0,05, por lo cual se infiere que este factor no influye en la generación de granos.



Figura 20 Prueba de t de 1 muestra para la media de grosor



*Mezcla de CNC con polímero graneado:* Como se mencionó anteriormente, este polímero proviene de las áreas de extrusión y ensamble, y se lamina en el área de mezclado para posteriormente ser dosificado en el polímero #3. El problema que se presenta en estos polímeros es que son combinados con polímeros graneados, debido a que no existe una adecuada segregación del material no conforme en las áreas de extrusión y ensamble.

Las malas prácticas que se dan en el área de extrusión se evidencian debido a que los operarios no marcan con tarjeta roja el producto con granos y lo colocan en la zona de CNC, además no existe un área específica para el almacenamiento temporal del producto con granos. Adicionalmente, en el área de ensamble los laterales graneados se colocan en las zonas destinadas para producto CNC, por lo cual dicho CNC se envía en conjunto con el material graneado hasta el área de mezclado, generando más granos en el CNC que se dosifica en el polímero #3.

Según la práctica estándar, si el operario encuentra una carrucha<sup>9</sup> graneada, debe marcarla con una tarjeta roja para que sea dispuesta por el ingeniero de proceso o supervisor. No obstante esto se da en el caso de que los laterales contengan muchos granos, sin embargo no existe un procedimiento documentado y comunicado formalmente para la segregación de laterales individuales con presencia de granos, tampoco un seguimiento por parte de los supervisores sobre la correcta ejecución de dicha tarea.

A través del involucramiento en el proceso se logra evidenciar que en el área de ensamble no se tiene una noción muy clara por parte de los operarios acerca de cuál es el procedimiento correcto para segregar los laterales individuales con granos. Ante la pregunta de cuál es el procedimiento para la segregación de laterales con granos, se obtienen diversas respuestas.

Las carruchas marcadas con tarjeta roja en el área de ensamble regresan nuevamente hasta el área de extrusión, en donde un operario desenrolla los laterales y posteriormente los coloca en chapas destinadas para el almacenamiento de laterales CNC. A los operarios encargados de realizar esta tarea se les indica únicamente que desenrollen la carrucha y segreguen el material, pero no se les indica que segreguen el material con granos aparte y tampoco existe un área establecida para hacerlo.

Dado lo anterior se identifica la ausencia de un procedimiento robusto en relación con cómo realizar dicha tarea. De los 3 operarios encargados, solamente 2 saben cómo proceder ante una carrucha con granos, sin embargo, no es un procedimiento que se encuentra estandarizado y se comunique a través de una capacitación o por medio del supervisor de proceso, lo cual fomenta el desinterés en los operarios.

Es posible identificar que los problemas asociados a la inadecuada segregación de polímeros con granos forman parte de la cotidianeidad del proceso, principalmente debido al desinterés por parte de los operarios y en un par de casos debido a la ausencia de procedimientos robustos para el manejo de producto no conforme, como el caso de la segregación de laterales graneados en el área de ensamble y la segregación de los laterales de carruchas marcadas con tarjeta roja provenientes de ensamble.

*Combinación de distintos tipos de polímeros en molino refinador:* Cuando la cantidad de polímero del tipo a refinar es escasa, el operario del molino refinador combina diferentes tipos de polímeros,

---

<sup>9</sup> Rueda en donde se enrollan los laterales para ser almacenados y transportados al área de ensamble.

con el objetivo de procesar una carga considerable de polímero. Este tipo de combinaciones solo pueden darse por disposición del laboratorio, debido a que cada tipo de polímero presenta una curva de curado diferente.

Por lo anterior, al combinar polímeros sin el conocimiento técnico adecuado se propicia la generación de granos. Para eliminar esta situación la compañía procede a realizar la programación diaria de los polímeros a ser refinados, a fin de que el operario no realice esta mala práctica, sin embargo, existen días en los cuales no se le entrega la programación al operario, por lo que constituye un elemento que sería importante reforzar.

*Sobredosificación de polímero refinado:* La compañía posee un indicador asociado llamado “inventario de lento movimiento”, el cual cuantifica diariamente los niveles de inventario de polímero refinado y producto no conforme (tarjetas rojas); este indicador es controlado por los supervisores del proceso, los cuales son responsables de que no sobrepase la meta.

Como se mencionó anteriormente, para el mezclado del polímero #3 se debe dosificar una lámina de polímero refinado. Existen ocasiones en donde los supervisores avalan la sobredosificación de láminas con el fin de reducir el inventario y cumplir las metas establecidas para el indicador, sin embargo, al realizar esta mala práctica se generan pequeños granos en el polímero #3, lo cual a su vez genera granos en los laterales. Además, dichos laterales son segregados como laterales CNC, por lo que regresan nuevamente al proceso de mezclado para convertirse en CNC laminado y nuevamente dosificarse en el polímero # 3, situación que provoca un aumento en la generación de granos.

Con el fin de demostrar el impacto de la sobredosificación de láminas de polímero refinado, se realiza una prueba en donde se dosifican 2 y 3 láminas de polímero por lote. Para asegurar la veracidad de los resultados de la prueba se controlan todos los factores externos que pudiesen generar influencia sobre los resultados de la prueba.

Se realizan 3 repeticiones para cada caso, ya que se debe minimizar la cantidad de producto no conforme que se genera con la prueba, debido a las implicaciones económicas que esto conlleva. Esta cantidad de repeticiones es avalada de manera técnica por el ingeniero de procesos, el cual indica que son suficientes para lograr obtener resultados confiables de manera práctica.

Al realizar una sobredosificación de láminas de polímero refinado efectivamente se generan granos en el polímero #3 (Tabla 5). En este caso los granos cuantificados son aquellos que se logran observar

en la superficie del polímero en laminación, sin embargo, internamente en la lámina también se forman pequeños granos, los cuales se hacen evidentes en el proceso de extrusión de laterales, esto debido a que se manejan espesores que varían entre 2 mm y 7mm.

Tabla 5 Prueba de sobredosificación de polímero refinado

Cantidad de láminas dosificadas	Cantidad de granos en el polímero # 3
2	2
2	8
2	2
3	4
3	2
3	3

A los lotes de polímero #3 que resultan de la prueba se les da seguimiento en el proceso de extrusión, donde se monitorea el estado de los laterales producidos. En 3029 m de laterales se identifican 11 granos con un tamaño promedio de 5 mm de diámetro.

Además, se identifica que al momento de alimentar dos tiras de polímero en la extrusora (debido al diseño del lateral) se genera gran cantidad de pequeños granos sobre los laterales (en una muestra de 1 m se encuentran 15 granos pequeños que apenas sobresalen de la superficie). Además se identifican 50 m de laterales con este comportamiento, por lo cual el operario segrega este producto y detiene la corrida para cambiar la chapa, ya que la condición de salida no es aceptable. Los laterales segregados son colocados en el área de CNC, con lo cual se evidencia que el problema se torna cíclico, ya que esos laterales debieron ser clasificados como producto graneado para ser tratados en el refinador y no como CNC, sin embargo regresaron al área de mezclado para ser reprocesados y por ende provocaron más granos en el polímero #3.

Una manera adicional de comprobar que el polímero refinado y el polímero CNC poseen influencia sobre la formación de granos en la lámina de polímero #3, es el hecho de que existe un polímero con su misma composición que prácticamente no genera granos; la diferencia radica en que no se le dosifica CNC ni polímero refinado. En el periodo de enero al 24 de junio del 2015, para dicho polímero a penas se generaron 3 lotes con granos.

*Presencia de granos en polímero refinado:* Como se mencionó anteriormente, el polímero refinado se obtiene del reproceso de extraer los granos incrustados en un material. El polímero resultante

está formado por láminas muy delgadas, su espesor está definido a través de la separación entre los rodillos del molino refinador. Dicha separación debería ser fija, sin embargo, el operario puede ampliarla con el propósito de obtener una mayor manejabilidad del polímero, ya que como se mencionó anteriormente el aumento en la temperatura disminuye el grosor de las pequeñas láminas de las cuales se conforma el polímero refinado.

Lo anterior ocasiona que las láminas de polímero refinado contengan granos, esto se comprueba a través de un muestreo realizado a una chapa de 25 láminas de polímero refinado realizadas con el molino abierto. De acuerdo con las tablas militares para la definición de tamaños de muestra, se obtiene que se deben muestrear 6 láminas, por lo tanto se toman 6 muestras aleatorias de las cuales un 67% presentan granos que van de 1,26 mm a 2,75 mm.

A pesar de que la medida anterior puede parecer pequeña, durante el proceso de mezclado estos granos aumentan de tamaño, debido a que las moléculas de polímero curado tienden a atraer las moléculas adyacentes, es decir curar las zonas cercanas. Además, durante el proceso de extrusión estos granos se hacen evidentes sobre la superficie de los laterales, ya que los mismos poseen espesores que van de 2 mm a 7 mm.

*Polímeros adheridos en ducto y compuerta:* Una vez que el polímero es mezclado por los tornillos en la cámara de mezclado, se activa la compuerta inferior para liberar el lote. Algunos tipos de polímeros debido a su composición son propensos a pegarse en los bordes de la compuerta y el ducto de la cámara de mezclado, y ocasionan que, si no existe una adecuada y oportuna limpieza de dichas zonas, se genere una mezcla de polímeros recalentados o quemados con polímeros de nuevos lotes de producción, lo cual representa uno de los factores que generan la aparición de granos.

*Mezcla de polímero CNC lateral blanco con polímero CNC lateral negro:* A través del involucramiento en el proceso, se logra evidenciar una mala práctica por parte de los operarios en relación con la mezcla de polímero CNC, la cual consiste en dosificar lateral blanco al momento de laminar CNC lateral negro. Cuando esto sucede, el molinero debe remezclar el polímero hasta conseguir una apariencia homogénea (debido a que el polímero presenta manchas blancas como consecuencia de la combinación), situación que ocasiona una mayor exposición al calor y por ende propicia la aparición de granos.

*Inadecuada dosificación de polímero refinado en polímero CNC:* Respecto a la mezcla de polímero CNC también se presentan malas prácticas en relación con la dosificación de polímero refinado, ya que para el CNC lateral blanco la práctica estándar establece que no se dosifica polímero refinado. No obstante, en la práctica esta situación sí se presenta, lo cual ocasiona problemas de generación de granos por los motivos antes mencionados.

#### 2.4.5.3 Matriz causa-efecto

Una vez que se obtienen las entradas controlables provenientes del Ipo Map y el análisis asociado a las causas de generación de granos, se utiliza dicha información como insumo para realizar la matriz causa efecto (Tabla 7), en donde es posible calificar cada una de las entradas del proceso de acuerdo con su influencia en la generación de granos. Además, se toma en consideración el conocimiento técnico proporcionado por el ingeniero de procesos.

La calificación se realiza de acuerdo con el criterio definido en la Tabla 6.

Tabla 6 Criterio para calificación de matriz causa-efecto

Nivel de importancia	Puntuación
Importante	9
Medio	3
Mínimo	1

Tabla 7 Matriz causa-efecto

Proceso	Entradas	Influencia en generación de granos	Puntuación
Alisto de materias primas	Especificaciones de pesos de las materias primas	3	3
	Calibración de las balanzas	3	3
	Envejecimiento del polímero natural	1	1
	Viscosidad del polímero natural	3	3
	Propiedades químicas de los pigmentos	1	1
	Gravedad específica del material de relleno	1	1
	Propiedades químicas del Azufre	1	1
	Propiedades químicas de los acelerantes	1	1
Alisto de materias primas	Viscosidad de aceites	1	1
	Propiedades químicas del silano	1	1
	Gravedad específica de la silica	1	1
	Envejecimiento del polímero natural	1	1
	Espesor del CNC laminado	3	3
	Estado del CNC laminado	9	9
	Estado del polímero refinado	9	9
	Espesor de polímero refinado	9	9

Tabla 7 Matriz causa-efecto (continuación)

Proceso	Entradas	Influencia en generación de granos	Puntuación
Ciclo de mezclado	Presión del pistón	1	1
	Velocidad de los rotores	3	3
Laminado	Especificación del ancho de lámina	1	1
	Especificación del espesor de lámina	1	1
	Velocidad de rodillos laminadores	1	1
	Velocidad de banda transportadora de salida	1	1
	Velocidad de banda transportadora tanque	1	1
	Velocidad banda transportadora barras	1	1
Estampado y cortado	Cantidad de tiras por lámina	1	1
Enfriado	Cantidad de turbinas de enfriamiento	1	1
	Tipo de solución jabonosa	1	1
	Concentración de la solución jabonosa	1	1
Entarimado	Temperatura máxima de entarimado	1	1
	Calibración del pirómetro	1	1
	Cantidad de lotes por tarima	1	1
Pruebas de calidad	Cantidad de muestras por lote	1	1
	Espesor de muestra	1	1
	Orden de muestreo	1	1
	Calibración de equipos	1	1



La tabla 8 presenta las variables de entrada significativas en la generación del defecto bajo estudio, considerando la puntuación establecida en la matriz causa-efecto.

Tabla 8 Variables significativas de la matriz causa-efecto

<b>Subproceso</b>	<b>Variable de entrada</b>
<b>Alisto de materias primas</b>	Estado del polímero CNC
	Estado del polímero refinado
<b>Ciclo de mezclado</b>	Cantidad de polímero refinado
	Temperatura de descarga

#### 2.4.5.4 Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)

De acuerdo con las variables significativas obtenidas a través de la matriz causa-efecto, se realiza un AMEF (Figura 9) en donde se determina de qué manera un fallo potencial en dichas variables puede afectar el defecto bajo estudio, así como las causas asociadas y los controles realizados.

Tabla 9 Análisis de modo y efecto de fallas.

Entrada	Modo potencial de fallo	Efecto potencial de fallo	S E V	Causas potenciales	O C C	Controles	D E T	R P N	Acciones recomendadas
Estado del polímero CNC	Presencia de granos en CNC. CNC con múltiples reprocesos.	Presencia de granos en polímero # 3.	7	Mezcla de polímero CNC con polímeros graneados/ Combinación de CNC lateral negro con lateral blanco	7	Inspección visual del molinero en Mezcladora 1. Identificación de producto no conforme con tarjetas rojas.	4	196	Ayudas visuales en el área de ensamble y extrusión para la correcta segregación de producto con granos.
Cantidad de polímero refinado	Sobredosificación de polímero refinado.	Presencia de granos en polímero # 3.	7	Mala práctica del supervisor: cumplir con indicador de lento movimiento.	3	No existen controles.	5	105	Capacitaciones sobre el impacto de la sobredosificación en el producto cliente.
Estado del polímero refinado	Polímero genera granos.	Presencia de granos en polímero # 3.	7	Elevada temperatura durante el refinado:excesiva cantidad de cargas continuas en el molino	10	No existen controles.	5	350	Establecer estándar de la cantidad de cargas continuas en el molino. Colocar el abanico del molino en dirección al polímero entre los rodillos.
	Presencia de granos en polímero refinado.		7	Operario amplía la separación entre rodillos: mayor manejabilidad del polímero.	7	No existen controles.	3	147	Establecer controles para el monitoreo de la separación entre rodillos del molino refinador.
Temperatura de descarga	Exceso de temperatura de descarga.	Polímero con granos o quemado.	7	Exceso de material de relleno.	2	Monitoreo de la temperatura de descarga. Mantenimiento preventivo de la máquina mezcladora.	2	28	
				Interrupción del servicio eléctrico.	2		1	14	
				Falla en compuerta	2		2	28	
				Falla en termocuplas	2		2	28	

La Tabla 10 muestra las variables de entrada con mayor nivel prioritario de riesgo (NPR) obtenidas del análisis realizado con el AMEF.

Tabla 10 Variables significativas del AMEF

Subproceso	Variable de entrada	NPR
Alisto de Materia Prima	Estado del polímero CNC	196
Ciclo de mezclado	Cantidad de polímero refinado	105
Alisto de Materia Prima	Estado del polímero refinado	350

En el AMEF se presentan las causas inmediatas asociadas a los modos potenciales de falla, con el objetivo de profundizar en la causa raíz del problema se realiza un diagrama de los 5 porqués (Figura 21) para las variables críticas, con el cual es posible observar que dichas variables están relacionadas con aspectos de carácter organizacional e inclusive ausencia de procedimientos robustos, a excepción del estado del polímero refinado, donde además se identifica una problemática relacionada con el método de trabajo.

Figura 21 Diagrama de 5 Por qué's

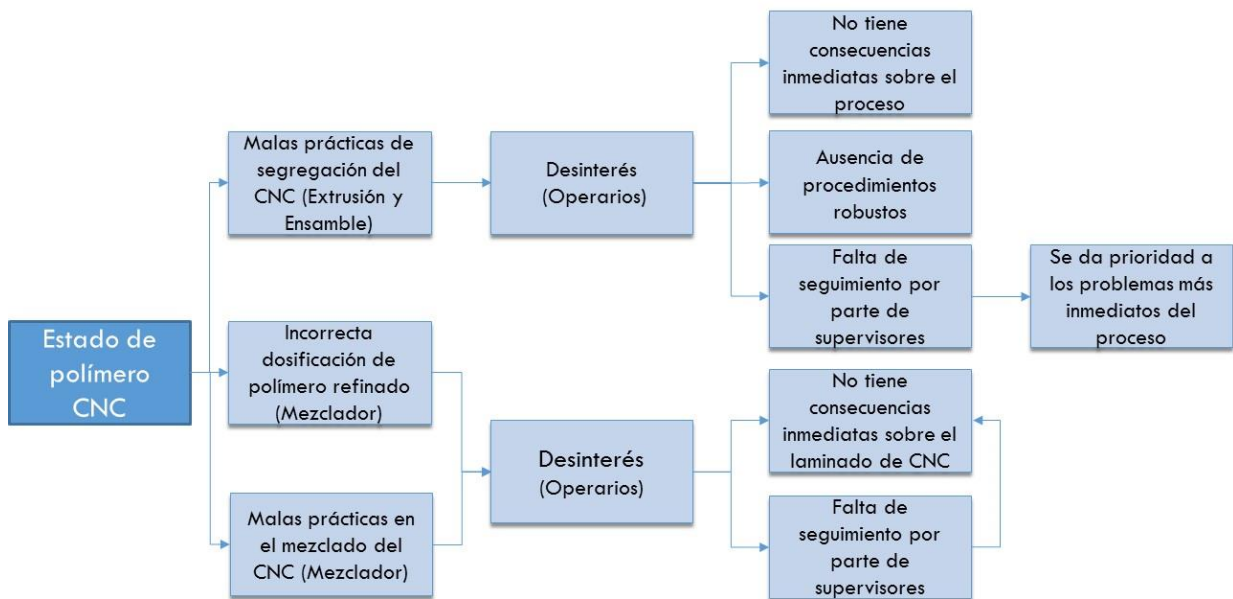


Figura 21 Diagrama de los 5 Por qué (continuación)



En la Figura 21 se presentan las problemáticas asociadas a cada una de las variables significativas y sus causas. Para el caso del “estado de polímero CNC” se tienen tres elementos. En primera instancia las malas prácticas en la mezcla de CNC, lo cual hace referencia a las combinaciones de lateral blanco y negro al momento de laminar el polímero CNC. Por otro lado, la incorrecta dosificación de polímero refinado, al utilizar un tipo que no es el especificado o al utilizarlo para la mezcla de un tipo de lateral que no debe utilizarlo. El tercer elemento corresponde a las malas prácticas de segregación de laterales con granos en las áreas de extrusión y ensamble.

Como se mencionó anteriormente, no existe un procedimiento documentado y comunicado formalmente donde se establezca cómo se debe proceder en relación con este producto, ya que ciertos operarios desconocen que deben quitar el grano del lateral y colocarlo en el armario de CNC, esto para el caso del área de ensamble. En relación con el área de extrusión la condición es similar, ya que a los operarios encargados de desenrollar los laterales con tarjeta roja proveniente del área de ensamble, no se les indica la manera en la cual deben tratar los laterales graneados. Tampoco se destina un lugar para la colocación de los mismos.

Adicional a lo anterior, se identifica que no existe un seguimiento adecuado por parte de los supervisores en relación con estas malas prácticas, debido a que se desconoce el impacto de esto sobre los siguientes procesos. Esto pues corresponde a producto que será reprocesado y no producto final que se debe entregar al proceso cliente, por lo cual no forma parte de las prioridades

de los supervisores. Ante esto se infiere que existe desinterés sobre la importancia de realizar de manera correcta la segregación de dicho producto.

Por otro lado, respecto a la variable “cantidad de polímero refinado” se presenta una situación similar, en este caso en relación con los supervisores del proceso de mezclado, ya que en ocasiones ordenan la sobredosificación de láminas de polímero refinado a fin de reducir el inventario debido a que no presenta consecuencias inmediatas en la calidad del polímero que se está produciendo. Como se demostró anteriormente con la prueba realizada en el polímero refinado, esto afecta la fabricación de laterales en el proceso siguiente.

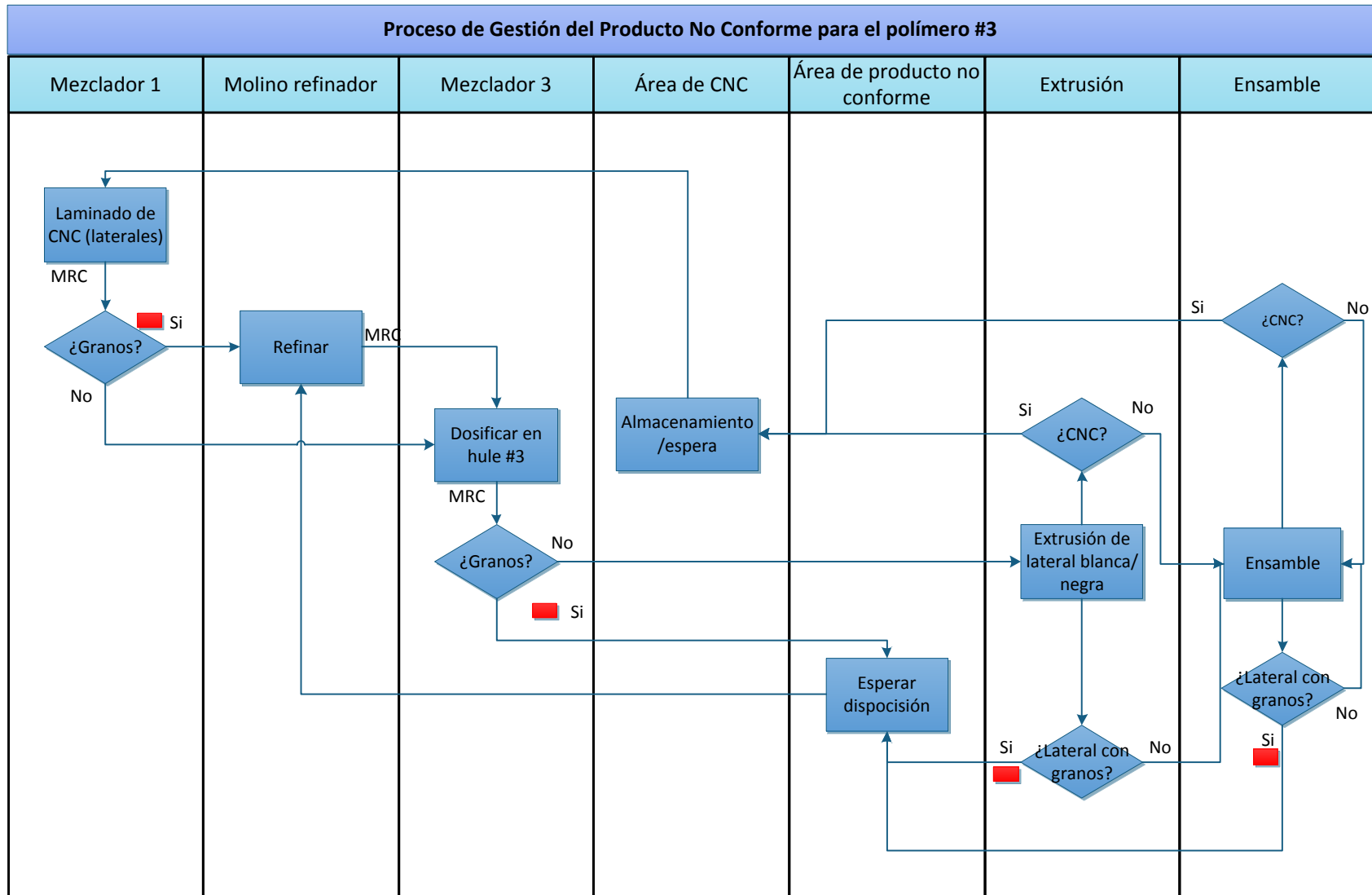
Por último, se encuentra el “estado del polímero refinado”, en relación con esta variable se identifican dos elementos, primeramente se da un exceso de cargas continuas en el molino refinador ya que no existe un estándar para dicha cantidad. Lo anterior provoca que cuando se refina polímero se presente un aumento en su temperatura, y se ocasiona una disminución del grosor de las pequeñas láminas de las cuales está conformado el refinado. Lo anterior conlleva a un mayor tiempo de exposición del polímero al calor (al estar más tiempo en el molino), y genera un avance en su curva de curado.

Adicionalmente, en esta área el operario realiza la mala práctica de abrir los pernos del molino para facilitar la formación del refinado. Lo anterior como respuesta debido al incremento en la temperatura del polímero generado por el exceso de cargas continuas.

#### 2.4.5.5 Diagrama de flujo de funciones cruzadas

Las variables críticas están relacionadas con el proceso de gestión del producto no conforme, es por ello que se realiza un diagrama de flujo de funciones cruzadas (Figura 22). En el mismo se describe dicho proceso, con el objetivo de mostrar de qué manera el material no conforme mal segregado regresa al proceso de mezclado, convirtiéndose en un proceso cíclico que afecta la calidad del producto debido a la generación de granos.

Figura 22 Proceso de gestión del producto no conforme para el polímero #3.



El proceso inicia cuando se genera material no conforme en los procesos de extrusión y ensamble, ya sea laterales CNC o laterales graneados. Para el caso del CNC el procedimiento que se debe seguir consiste en laminar los laterales en el área de mezclado para posteriormente dosificarlos en el polímero #3. Respecto a los laterales graneados, se deben refinar para dosificarse igualmente en el polímero #3.

La problemática se da debido a que no se sigue el procedimiento establecido, de manera que los laterales graneados se identifican como CNC, situación que provoca la aparición de granos en el CNC laminado y por ende en el polímero #3, afectando finalmente los laterales obtenidos en el proceso de extrusión. Se evidencia cómo ante las deficiencias en la segregación del material no conforme, el proceso descrito en la Figura 22 puede convertirse en un ciclo de reprocesos, lo cual afecta progresivamente la calidad del polímero resultante del proceso de mezclado así como el producto obtenido en los siguientes procesos.

## 2.5 Conclusiones del diagnóstico

Mediante la aplicación de herramientas como el diagrama de flujo y el mapa de proceso, se logra obtener una visión clara de los diferentes elementos que pueden afectar la calidad del polímero. Esto permite enfocar los esfuerzos en los aspectos más significativos para alcanzar una mejora en el proceso.

Así como en el proceso intervienen muchos factores, diversos son los tipos de defectos que se pueden presentar en los polímeros. Con el análisis efectuado se determina que el defecto de mayor impacto corresponde a la presencia de granos, debido a que representa un 26% de los lotes no conformes y al hecho de que es el único defecto que genera desperdicio.

Con el fin de enfocar el proyecto se selecciona el polímero #3 a través de la aplicación de herramientas ingenieriles robustas, basadas principalmente en el análisis estadístico, y el Algoritmo de Klee, el cual considera 4 criterios para su selección.

Mediante la certificación del proceso de mezclado se evidencia el problema asociado a la generación de granos, al encontrarse granos tanto en el CNC como en el polímero #3.

Con la aplicación del Ipo Map, Diagrama de Ishikawa, Matriz Causa-Efecto y AMEF, se determina que las variables de mayor influencia en la generación de granos son: el estado del polímero CNC, la cantidad de polímero refinado a dosificar y el estado del polímero refinado. Estas variables están relacionadas con la gestión del producto no conforme, donde se identifican deficiencias en su segregación e identificación.

La generación de granos en el polímero #3 es una situación que se vuelve recurrente ante las deficiencias en la gestión del producto no conforme. Esto ocasiona que, si se generan granos en un proceso o subproceso, en el siguiente se generen más.

A través de la realización de pruebas y el involucramiento en el proceso, se determina que las variables significativas en la generación de granos están relacionadas con elementos de carácter organizacional, relacionados con una serie de malas prácticas. Estas malas prácticas generalmente no generan consecuencias inmediatas sobre la calidad del producto, sino que se reflejan en procesos subsecuentes. Adicionalmente, se evidencia que existe desconocimiento por parte de los supervisores en relación con las consecuencias de la sobredosificación de polímero refinado. Los mismos desconocen que la mala práctica puede generar granos en los laterales, que si no son



segregadas correctamente volverán al proceso de mezclado para formar polímero CNC, ocasionando nuevamente problemas en el polímero.

## Capítulo 3. Diseño

### 3.1 Objetivo general

Disminuir la generación de producto no conforme en el polímero #3 a través de la aplicación de un modelo de caracterización de procesos.

### 3.2 Objetivos específicos

- Determinar los niveles adecuados para las variables significativas en la generación de producto no conforme.
- Diseñar ayudas visuales y manuales de trabajo para el tratamiento, segregación y prevención de producto no conforme, que contribuyan con la reducción en la proporción del mismo.
- Crear mecanismos para la evaluación del desempeño y divulgación de logros con el fin de orientar las acciones del personal al cumplimiento de los objetivos establecidos.
- Definir una metodología para la institucionalización del modelo de caracterización de procesos diseñado.

### 3.3 Metodología

Para abordar el diseño se utilizan las 3 áreas de empoderamiento, esto debido a que en el diagnóstico se determina que los factores que poseen influencia significativa en el proceso están relacionados con elementos de carácter organizacional, como por ejemplo: debilidades en cuanto a involucramiento, seguimiento y concientización sobre las consecuencias de las malas prácticas realizadas.

El empoderamiento se relaciona con la caracterización de procesos debido a que es primordial para alcanzar el éxito de sus dos principios fundamentales: involucramiento en el proceso y cuantificación para la toma de decisiones.

Adicionalmente, según Development Dimensions International (DDI, 2003), la viabilidad de los modelos de mejora continua, como Seis Sigma, depende de la motivación de los colaboradores para hacer las cosas de nuevas maneras, utilizando nuevos procedimientos; esa motivación se deriva de un sentido de propiedad y orgullo, es decir se deriva del empoderamiento. Tomando en cuenta que

Seis Sigma y la caracterización de procesos son modelos que se basan en un ciclo de mejora continua, lo anterior representa un elemento adicional para abordar el diseño tomando en cuenta las 3 áreas del empoderamiento.

Según DDI (2003) las 3 áreas de empoderamiento son:

- Diseño de puesto.
- Sistema y ambiente.
- Liderazgo.

Respecto al elemento sistema y ambiente, se diseñan ayudas visuales relacionadas con: tratamiento y segregación de producto con granos, método para la elaboración de polímero refinado y dosificación del mismo; además se propone la inclusión de estos dentro de instructivos de trabajo relacionados con las mismas temáticas. Para tal efecto se realiza una revisión documental de los procedimientos y ayudas visuales existentes en la compañía en relación con la temática abordada.

En cuanto al diseño de puesto, se propone el establecimiento de un área definida para la segregación de producto con granos en el área de extrusión y la colocación de las ayudas visuales en los distintos puestos de trabajo involucrados.

En relación con el elemento liderazgo, se plantea un esquema de involucramiento de los supervisores, en cuanto a capacitación a sus colaboradores. Lo anterior tiene el objetivo de crear concientización acerca del impacto de los granos sobre el producto. Además, se diseñan mecanismos para la evaluación del desempeño y divulgación de logros; y en relación con los supervisores se propone un taller para el fortalecimiento del liderazgo.

Como último apartado de la etapa de diseño se incluye la institucionalización, debido a que constituye una de las fases fundamentales de la caracterización de procesos. La misma permite transmitir el conocimiento adquirido y fungir como base para la aplicación del modelo de caracterización en otros procesos de la compañía.

### 3.4 Propuestas de diseño

En la etapa de diagnóstico se aplicaron metodologías y se realizaron pruebas donde se descartan potenciales causas de variación, con lo cual se llega a la conclusión de que el problema se encuentra en las deficiencias en la gestión del producto no conforme, específicamente en lo que se refiere a

malas prácticas en la segregación de producto con granos y malas prácticas en la dosificación de polímero refinado y la mezcla de CNC.

Las malas prácticas se dan en su mayoría debido al desinterés de los operarios, ocasionado por el hecho de que no presentan consecuencias inmediatas sobre el proceso, además debido a la ausencia de procedimientos robustos y la falta de seguimiento e involucramiento por parte de los supervisores. A su vez, los supervisores presentan falta de interés, ya que las consecuencias no son inmediatas en su proceso y se da prioridad a otros problemas más inmediatos, esto para el caso de extrusión y ensamble.

Es por lo anterior que en la etapa de diseño se aborda el empoderamiento, el cual se define como “crear un ambiente donde los empleados de todos los diferentes niveles sientan que tienen una influencia real sobre los estándares de calidad, servicio y eficiencia del negocio dentro de su área de responsabilidad” (Blanchar, 1996). Además, como se mencionó anteriormente, el empoderamiento es parte de la caracterización de procesos pues es primordial para alcanzar sus dos principios fundamentales.

#### 3.4.1 Liderazgo

Según De Bono (2008), “El liderazgo corresponde a un conjunto de procesos que orientan a las personas y equipos en una determinada dirección hacia el logro de metas y el aprendizaje organizacional”. Por otra parte, Delgado (2009) indica que los líderes hacen del aprendizaje una prioridad y que la enseñanza se debe dar en todos los niveles.

Como se mencionó anteriormente, se determina que existe falta de seguimiento e involucramiento por parte de los supervisores, tomando esto en consideración es fundamental incluir en el diseño un elemento relacionado con el liderazgo, el cual permita transmitir a los colaboradores el sentido de interés por parte de sus superiores, en cuanto a la realización de su trabajo de acuerdo con las prácticas de operación establecidas. Con lo anterior se pretende alcanzar un mayor grado de compromiso por parte de los operarios y aumentar su motivación por realizar su trabajo de la mejor manera.

### 3.4.1.1 Capacitación y concientización en buenas prácticas para operarios

Dado lo anterior se propone el establecimiento de capacitaciones anuales que incluyan los siguientes objetivos y contenidos:

#### **Objetivos:**

- ✓ Fomentar buenas prácticas en la segregación de polímeros con granos y el mezclado de CNC.
- ✓ Dar a conocer el impacto de la mala segregación de producto con granos sobre la generación del mismo.

#### **Contenidos:**

- ✓ Buenas prácticas en el manejo de polímeros con granos.
- ✓ Buenas prácticas en el mezclado de polímero CNC.
- ✓ Impacto de la mala segregación de polímeros con granos sobre los procesos.

Adicionalmente se diseña una propuesta de presentación para las capacitaciones sugeridas (Anexo 3). Se propone que dicha capacitación sea impartida por el supervisor de proceso correspondiente, además se determina que la duración de la misma se encuentra entre 30 y 45 minutos.

Para esta capacitación se propone un método de evaluación basado en el modelo de evaluación de la formación de Kirkpatrick (2006) que plantea cuatro niveles: reacción, aprendizaje, comportamiento y resultados.

El nivel 1 permite medir la satisfacción de los participantes con respecto a la acción formativa, normalmente esta evaluación se suele realizar mediante un cuestionario al finalizar el curso. Este nivel es útil para valorar lo positivo y negativo de los cursos de formación, de manera que se puedan mejorar en ediciones futuras.

“Es importante obtener no sólo una reacción, sino una reacción positiva. Además, si los participantes no reaccionan de forma favorable, posiblemente no estarán motivados para aprender. Una reacción positiva puede no asegurar el aprendizaje, pero una reacción negativa casi con toda certeza reduce la posibilidad de que ocurra” (Kirkpatrick, 2006).

El encargado de impartir la acción formativa (en este caso el supervisor de proceso) valorará los resultados de cada uno de los puntos contenidos en el cuestionario (Anexo 8), como por ejemplo:

la forma de presentar la capacitación, el método, lo apropiado de las instalaciones y la claridad de las explicaciones, entre otros, de manera que en función de ello se reconsideren dichos elementos.

El Anexo 9 presenta el instructivo de calificación para el cuestionario de nivel 1, planteado por la Asociación Oaxaqueña de Psicología (2010), donde se establece la escala la calificación de los resultados, a saber: deficiente, regular, bueno y excelente.

El nivel 2 consiste en evaluar si se ha alcanzado una transferencia de conocimientos y propiamente un aprendizaje. Según Kirkpatrick (2006), es importante medir el aprendizaje porque no se podrían esperar modificaciones en el comportamiento a menos que cierto conocimiento se haya logrado adquirir. Por lo anterior, es necesario evaluar el conocimiento, habilidades y aptitudes antes y después de cada programa formativo.

“El aprendizaje ha tenido lugar cuando ocurre uno o más de los siguientes factores: las actitudes se han cambiado, el conocimiento se ha incrementado, las habilidades han aumentado” (Kirkpatrick, 2006).

Para la aplicación del nivel 2 el formato habitual consiste en cuestionarios para medir estos conocimientos y actitudes. En el caso del proyecto, se diseña uno para cada área involucrada en la capacitación (Anexo 10).

En relación con el puntaje de los cuestionarios, para el área de mezclado el valor por pregunta es de 12,5 puntos; para el caso del área de extrusión corresponde a 14,3 puntos. En los casos en donde una pregunta conste de dos partes, la puntuación se divide en partes iguales. Respecto a las preguntas asociadas al área de ensamble, cada una posee un valor de 20 puntos, de igual forma si son preguntas dobles el puntaje se divide entre dos.

Para la valoración de los resultados se sugiere lo indicado en la Tabla 11, la cual se basa en 2 consideraciones: la nota mínima de aceptación para las evaluaciones que se le realizan a los operarios en la empresa y el tipo de pregunta, considerándose que el cuestionario diseñado se compone de preguntas de tipo abiertas.

Tabla 11 Criterio para evaluación del aprendizaje

Resultado promedio	
Mayor o igual a 80	Se ajusta a lo esperado
Entre 70 y 79	Requiere mejorar para ajustarse a lo esperado
Menor a 70	Deficiente o no se ajusta a lo esperado

En caso de que los participantes obtengan una puntuación menor a 80, el encargado de la capacitación valorará los puntos más débiles y realizará un reforzamiento de los mismos, con el fin de que obtenga el mejor provecho de la misma y que pueda aplicar lo aprendido en su puesto de trabajo.

En el nivel 3, que corresponde a comportamiento, se mide si los participantes de la formación pueden aplicar en su puesto de trabajo los conocimientos adquiridos. Este proceso conlleva tiempo, por lo tanto, se debe esperar entre 3 y 6 semanas (American Society for Training and Development Report, 2002) hasta poder hacer una valoración adecuada, realizada mediante entrevistas, cuestionarios y/o la observación del desempeño laboral. Para el caso del proyecto, se establece realizar recorridos periódicos en las tres áreas involucradas, evaluando si se ha logrado un cambio en el comportamiento de los colaboradores.

El cuarto nivel se enfoca en los resultados de negocio que se alcanzan con la formación. Para el caso del proyecto, este nivel no se toma en cuenta debido a la complejidad de su aplicación. Un informe realizado por la American Society for Training and Development (2002), indica que el 78% de las organizaciones evalúan las acciones formativas mediante el nivel 1, el 32% evalúan el nivel 2, el 9% alcanzan el nivel 3 y tan solo un 6% evalúan el nivel 4. Este estudio revela cómo a medida que se va subiendo de nivel la aplicación del modelo se vuelve más compleja y demanda más tiempo y recursos.

Según Kirkpatrick (2006), para que un cambio ocurra es necesario que la persona tenga el deseo de cambiar, que sepa lo que tiene que hacer y cómo hacerlo, que tenga un clima de trabajo adecuado y que sea recompensada por el cambio. “La acción formativa puede cumplir con los dos primeros requerimientos mediante la creación de una actitud positiva hacia el cambio deseado y mediante la enseñanza de las habilidades y conocimientos necesarios. La tercera condición, el clima apropiado, se refiere al supervisor inmediato del participante” (Kirkpatrick, 2006). Kirkpatrick (2006) además

señala que el clima ideal es el estimulante, lo cual quiere decir que el supervisor anima al participante a aprender y aplicar su aprendizaje al puesto de trabajo. En el caso del proyecto, esta situación se desea incentivar al proponer al supervisor como la persona encargada de impartir la acción formativa.

#### 3.4.1.2 Taller de liderazgo para supervisores

Se conforma de una serie de dinámicas que permiten la concientización para un mayor involucramiento e integración de los supervisores con los operarios y con el proceso. Adicionalmente se exponen algunas consideraciones teóricas del liderazgo transformacional, cabe destacar que existen numerosas clasificaciones de tipos de liderazgo, pero se ha considerado el propuesto por Sosik et al (2002). Según los autores, “el impacto favorable del liderazgo transformacional es en las reacciones emocionales y psicológicas de los miembros de la organización, a través de las dimensiones de estímulo intelectual, reconocimiento individual, motivación e inspiración y carisma, produce simultáneamente mejoras en el desempeño de las personas, el grupo y los líderes que rápidamente se adaptan a la variedad de requerimientos organizacionales y contextos por lo que es posible maximizar eficacia y efectividad”.

#### **Objetivos:**

- ✓ Fortalecer las habilidades de liderazgo en los supervisores mediante la realización de dinámicas que permitan un mayor involucramiento, integración y compromiso de los supervisores con los operarios y el proceso.
- ✓ Exponer el concepto de liderazgo transformacional, sus dimensiones y características, con el fin de reforzar el sentido de liderazgo en los supervisores y promover una conducta que considere estos elementos como primordiales en su accionar diario.

En el Anexo 4 se presenta el contenido propuesto para dicho taller, además se detalla el procedimiento para llevar a cabo las diferentes dinámicas. La duración del taller es de aproximadamente 2 horas.

La empresa cuenta con un departamento que se encarga de dar entrenamiento a operarios, impartir capacitaciones sobre aspectos generales de la organización, salud y seguridad ocupacional, entre otras. Este departamento sería el encargado de brindar la capacitación propuesta. Considerando

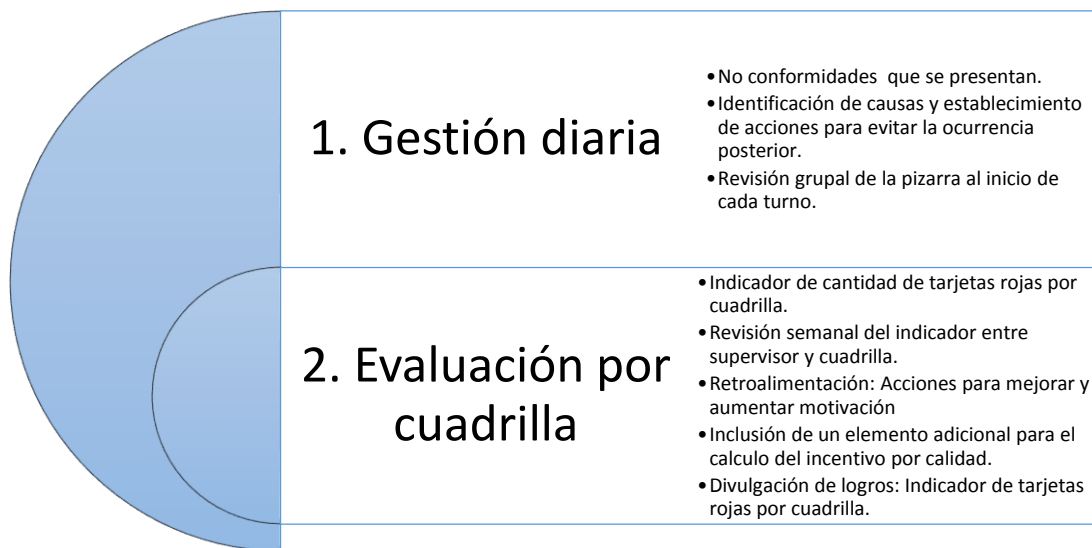


que es importante reforzar algunos elementos de carácter técnico en los supervisores, se propone que la capacitación sobre buenas prácticas en el manejo de polímeros con granos sea impartida a los supervisores por parte del departamento de entrenamientos, para que posteriormente los supervisores se encarguen de capacitar a los operarios.

### 3.4.1.3 Evaluación del desempeño

Según Delobelle (2011), las evaluaciones de desempeño constituyen un ejercicio de liderazgo. Otra de las propuestas diseñadas se refiere a un mecanismo para la evaluación del desempeño de los colaboradores, el cual permite evaluar su rendimiento y generar un aprendizaje continuo a través de la retroalimentación realizada por los supervisores del proceso. El mecanismo propuesto se compone de dos niveles de evaluación: gestión diaria y evaluación por cuadrilla (Figura 23).

Figura 23 Mecanismo de evaluación del desempeño



El nivel de evaluación de la gestión diaria contempla colocar una pizarra en el área de mezclado (Figura 24), la cual detalle los problemas presentes por turno, las causas y las acciones realizadas para evitar la ocurrencia posterior. Además, se propone que la pizarra sea revisada por los operadores en conjunto con el supervisor al inicio de cada turno, y el supervisor es el encargado de actualizar la información presente en la pizarra. Como encargado de velar por la utilización adecuada de la pizarra se sugiere a un miembro del CFT (Cross Functional Team), así como para dar seguimiento a las contramedidas propuestas. Con lo anterior se incentiva a los colaboradores a

realizar una búsqueda diaria de nuevos esquemas para mantener las metas alcanzadas y mejorar día con día, además de fungir como mecanismo de divulgación de logros.

Figura 23 Pizarra para divulgación de logros

Fecha:				
Turno	Mezclador	No conformidad	Contramedida	Resultado

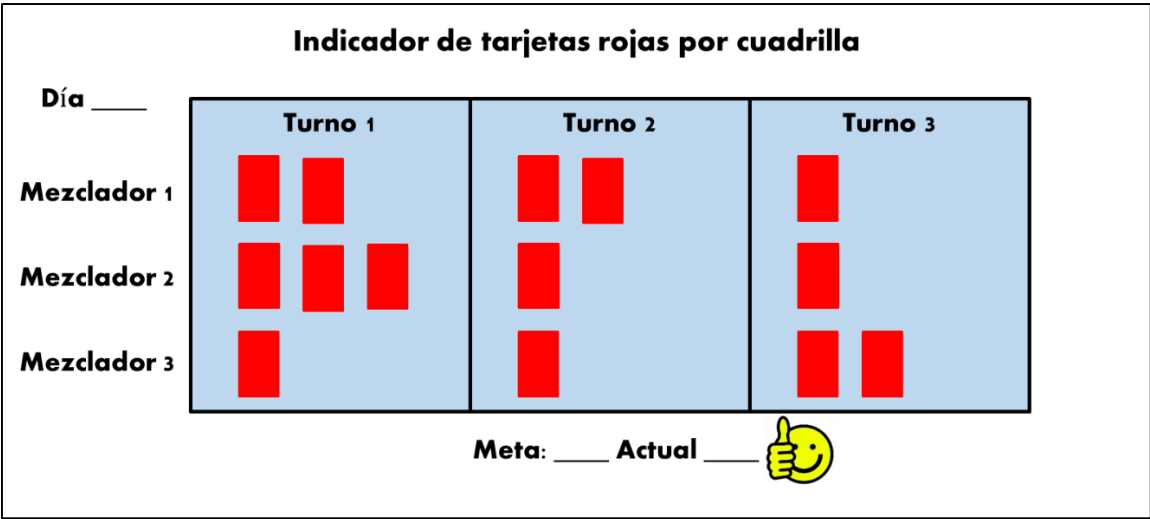
Respecto a la evaluación por cuadrilla, se propone realizar una reunión semanal con el supervisor, en donde se evalúe el indicador de tarjetas rojas (para lo cual se deberá establecer una meta asociada a la cantidad de lotes tarjeta roja por cuadrilla). Esto tiene como objetivo que exista retroalimentación que permita obtener mejoras en el desempeño del operador y aumentar su motivación. En el Anexo 5 se presenta una propuesta de bitácora para dicha reunión.

Como se determinó en el diagnóstico, los problemas asociados a la gestión del producto no conforme tienen consecuencias en los siguientes procesos, o en el anterior dependiendo de hacia donde se mueva el material. Es por ello que se plantea la inclusión de un elemento adicional de decisión para el cálculo de los incentivos por calidad para los operarios. La metodología empleada para el cálculo del incentivo considera dos elementos: porcentaje de cumplimiento de producción y de desperdicio, cada uno de ellos posee un valor de incentivo de hasta 7,5% sobre el salario semanal de los operarios.

La propuesta consiste en restarle al porcentaje del incentivo un 7,5% en caso de que se genere una tarjeta roja en el área de extrusión, a causa de una chapa de polímero graneada, de manera que se penalice el porcentaje máximo de desperdicio. Lo anterior tiene como objetivo fomentar en los operarios mayor interés por el envío de producto sin granos hacia los siguientes procesos, y por ende el trabajo en equipo.

Adicionalmente como mecanismo de divulgación de logros se contempla la colocación de un cartel con el indicador de tarjetas rojas por cuadrilla (Figura 24), el cual muestra la cantidad de tarjetas rojas generadas por turno en cada una de las máquinas mezcladoras. Con lo anterior se incentiva al supervisor a estar atento a los problemas que se presentan diariamente en el proceso. Asimismo, se propone que un miembro del CFT sea el encargado de dar seguimiento a esta herramienta. Se establece que se coloque el cartel junto a la pizarra mencionada anteriormente, de manera que su interpretación se lleve a cabo de forma complementaria al analizar si se cumplió la meta y cuáles fueron los problemas que se presentaron, así como la manera en la que se resolvieron, con el fin de obtener retroalimentación para la mejora del proceso.

Figura 24 Indicador de tarjetas rojas por cuadrilla



3.4.2 Sistema y ambiente

Sistema y ambiente se refiere a los procedimientos y políticas que capturan el conocimiento obtenido a través de la caracterización de los procesos. Para el caso de la compañía, se cuenta con una modalidad de documentación donde se plasman los requerimientos, políticas o procedimientos documentados en la práctica estándar de operación. Esta modalidad se refiere a las ayudas visuales, las cuales son representaciones de los diferentes requerimientos de los procesos. Estas se colocan cerca del puesto de trabajo para fungir como apoyo al conocimiento adquirido por los operarios en las capacitaciones o inducciones que se realizan para asegurar el adecuado desempeño en los puestos de trabajo.

En primera instancia se propone una modificación al método de elaboración de las láminas de polímero refinado, pues como se determinó en el diagnóstico, un exceso de cargas continuas en el molino refinador ocasiona el aumento del t5 y por ende una disminución del grosor de las pequeñas láminas de polímero de las cuales se conforma el polímero refinado. De esta manera, conlleva un mayor tiempo de residencia del polímero en el molino y por ende un avance en su curva de curado. La propuesta de estandarización para el método consiste en definir un máximo de 3 cargas continuas del molino refinador, de este modo se evita alcanzar la temperatura a la que las láminas de polímero son tan delgadas que se rompen (aproximadamente 68 °C) y generan un mayor tiempo de exposición del polímero al calor (Figura 25).

Figura 25 Ayuda Visual # 1. Cantidad de cargas continuas en el molino refinador



Ayuda Visual AV-XXX-XX  
 Revisión 0 Fecha de Emisión: dd/mm/yyyy  
 Fecha de Revisión: dd/mm/yyyy  
 Dept Emisor:  
 Autor :

La Ayuda Visual #2 (Figura 26) corresponde a la propuesta de modificación de una ayuda visual existente para el proceso de refinado, la cual indica que en el molino refinador se deben procesar los rollos de polímero de uno en uno, no obstante, la misma no se encuentra colocada en el puesto de trabajo correspondiente. La modificación consiste en indicar la consecuencia de no acatar lo indicado en la ayuda visual, de tal manera que el operario esté consiente del impacto que esta mala práctica puede generar en el siguiente proceso.

Figura 26 Ayuda Visual # 2. Cantidad de rollos por carga en el molino refinador



Ayuda Visual AV-XXX-XX  
Revisión 0 Fecha de Emisión: dd/mm/yyyy  
Fecha de Revisión: dd/mm/yyyy  
Dept Emisor:  
Autor :

Como se comprobó en el diagnóstico, la apertura entre los rodillos del molino refinador por parte del operario ocasiona que los granos logren atravesar los rodillos y formen parte de la lámina de polímero refinado, los cuales posteriormente con la exposición al calor en el proceso de mezclado pueden aumentar su tamaño y hacerse evidentes en la superficie de los laterales, dado que en estas

se manejan espesores de hasta 3 mm. Dada esta particularidad, se diseña la Ayuda Visual #3 (Figura 27).

Figura 27 Ayuda Visual # 3. No girar pernos del molino refinador



En relación con los aspectos de carácter documental, las ayudas visuales anteriores se pueden referenciar con el documento “Procedimiento para refinado de polímero en el molino refinador”.

Dentro de las causas de generación de granos que fueron determinadas con el diagnóstico se encuentra la sobredosificación de polímero refinado y malas prácticas en cuanto al tipo de polímero refinado a dosificar, esto sucede en los polímeros CNC lateral blanco y CNC lateral negro. Por lo anterior se diseña la siguiente ayuda visual, la cual cumple con los requerimientos establecidos por la práctica estándar de la compañía (Figura 28).

Figura 28 Ayuda Visual # 4. Dosificación de polímeros refinados en Mezclado

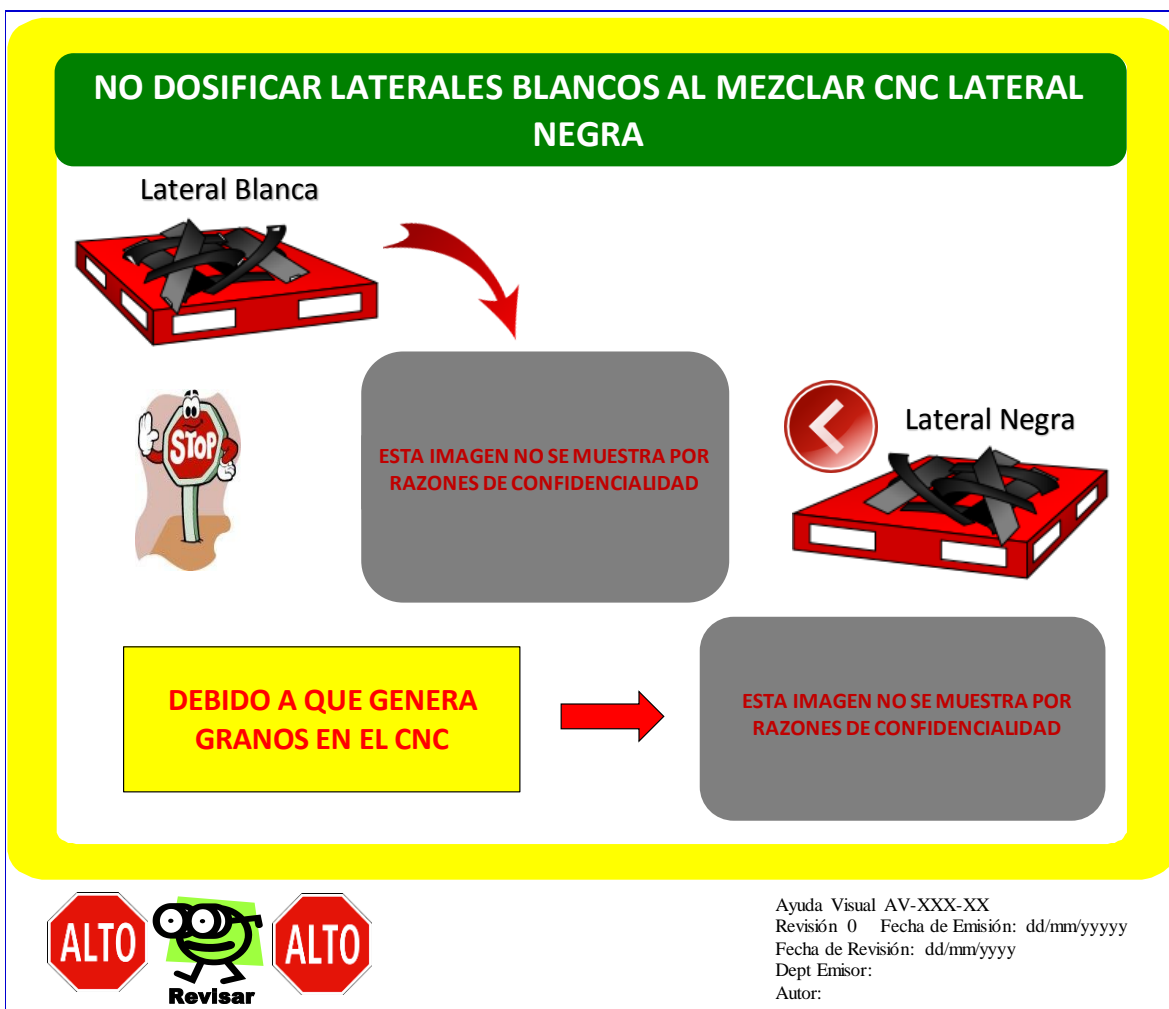


Ayuda Visual AV-XXX-XX  
Revisión 0 Fecha de Emisión: dd/mm/yyyy  
Fecha de Revisión: dd/mm/yyyy  
Dept Emisor:

Otra de las causas asociadas a la generación de granos corresponde a la mezcla de laterales banda blanca y banda negra, esto al momento de realizar la mezcla del polímero CNC. Por ende, se realiza la Ayuda Visual #5 donde se previene al operario de realizar esta mala práctica, además se le recuerda la importancia de acatar los lineamientos establecidos para el proceso. En este caso se indica que la mezcla de estos componentes genera granos en el producto (Figura 29).

En relación con los aspectos de carácter documental, las ayudas visuales anteriores se pueden referenciar con el documento “Operación de mezclado de polímero”.

Figura 29 Ayuda Visual # 5. Combinación de laterales



La Ayuda Visual #6 (Figura 30) se relaciona con el área de extrusión, en donde se encontraron deficiencias asociadas a la segregación de materiales con granos. Lo anterior debido a que los laterales marcados como CNC son contaminados con laterales graneados o pedazos de polímero con granos. Esta ayuda visual les recuerda a los operarios que estas prácticas son inadecuadas y prohibidas por la compañía, lo cual refuerza y refresca diariamente el aprendizaje adquirido con las capacitaciones propuestas.

En relación con los aspectos de carácter documental, la ayuda visual anterior se puede referenciar con el documento “Manejo adecuado de materiales y CNC”.



Figura 30 Ayuda Visual # 6. No colocar laterales o polímeros graneados en las chapas de CNC



Ayuda Visual AV-XXX-XX  
Revisión 0 Fecha de Emisión: dd/mm/yyyy  
Fecha de Revisión: dd/mm/yyyy  
Dept Emisor:  
Autor :

La Ayuda Visual #7 (Figura 31) se relaciona con el área de ensamble, con ella se muestra el procedimiento adecuado para la segregación de laterales con granos (aplicable también a otro componente llamado sellante). Estos son colocados en el cajón para CNC, lo cual propicia el regreso de los granos hacia el proceso de mezclado y por ende la generación de más granos.

Figura 31 Ayuda Visual # 7. Segregación de laterales con granos en el área de ensamble



Dado que los granos a desechar no requieren de un amplio espacio para ser segregados, se propone colocarlos en los recipientes existentes en cada uno de los puestos del área de ensamble, destinados para el almacenamiento de desecho de sobrantes de tela y sellante.

Cabe destacar que las ayudas visuales se diseñan como un medio de apoyo a las capacitaciones, por lo tanto constituyen una manera de tener presente el conocimiento adquirido y que, en conjunto con el liderazgo ejercido por los supervisores de proceso, se alcance un interés permanente hacia la reducción de granos.

### 3.4.3 Diseño de puesto

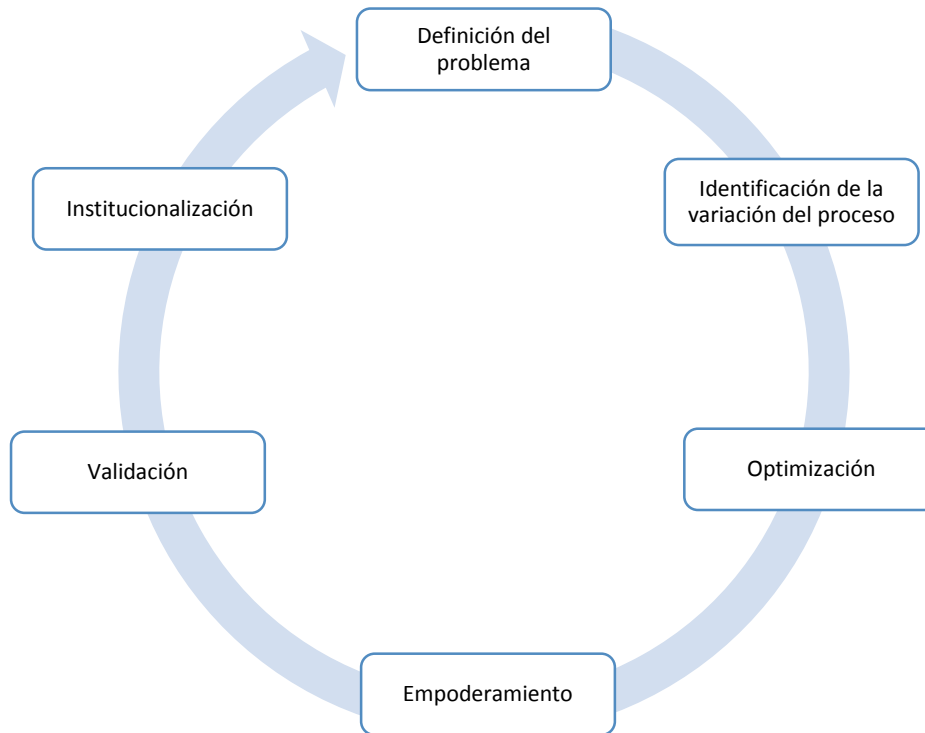
En cuanto al diseño del puesto, se debe garantizar que cuente con los elementos para poder llevar a la práctica lo indicado en los procedimientos. Esto se relaciona con lo estipulado en la Ayuda Visual #6 (Figura 30), con la cual se define un área específica para segregar el producto graneado en el área de extrusión; esto constituye una manera adicional para evitar la mezcla de polímero CNC con polímero graneado.

Como política de la compañía se tiene que las ayudas visuales se revisen cada 5 años o cuando se realice un cambio. Además, se recubren con plástico para conservar la integridad de la impresión y se les da mantenimiento cuando se amerite, ya sea por el becario, operador o supervisor de área. Las ayudas visuales diseñadas se deben colocar en las pizarras destinadas para este tipo de documentación, según el área de pertinencia.

### 3.4.4 Institucionalización

La institucionalización es una etapa fundamental en la caracterización de procesos, ya que constituye el instrumento a través del cual se transmite el conocimiento adquirido. Para lograr esto se diseña una metodología que permita la aplicación del modelo en problemas futuros o en distintos procesos de la organización. El modelo diseñado (Figura 32) se basa en lo planteado por la Universidad de Motorola (1990), además incluye las áreas del empoderamiento según la DDI (2003).

Figura 32 Modelo de Caracterización de Procesos



El modelo inicia con la definición del problema, además se realiza una descripción general del proceso y se definen los indicadores de éxito. Posteriormente se identifica la variación del proceso, a través de la certificación a corto plazo (potencial), el estudio de capacidad y el estudio de estabilidad del proceso; además de otra serie de herramientas útiles para determinar la causa raíz del problema y sus variables asociadas. Posteriormente se procede a optimizar dichas variables críticas utilizando desde los modelos de diseño experimental más simples hasta los más robustos, o inclusive la simulación. Las herramientas a utilizar dependen de la naturaleza del problema y sus causas de variación.

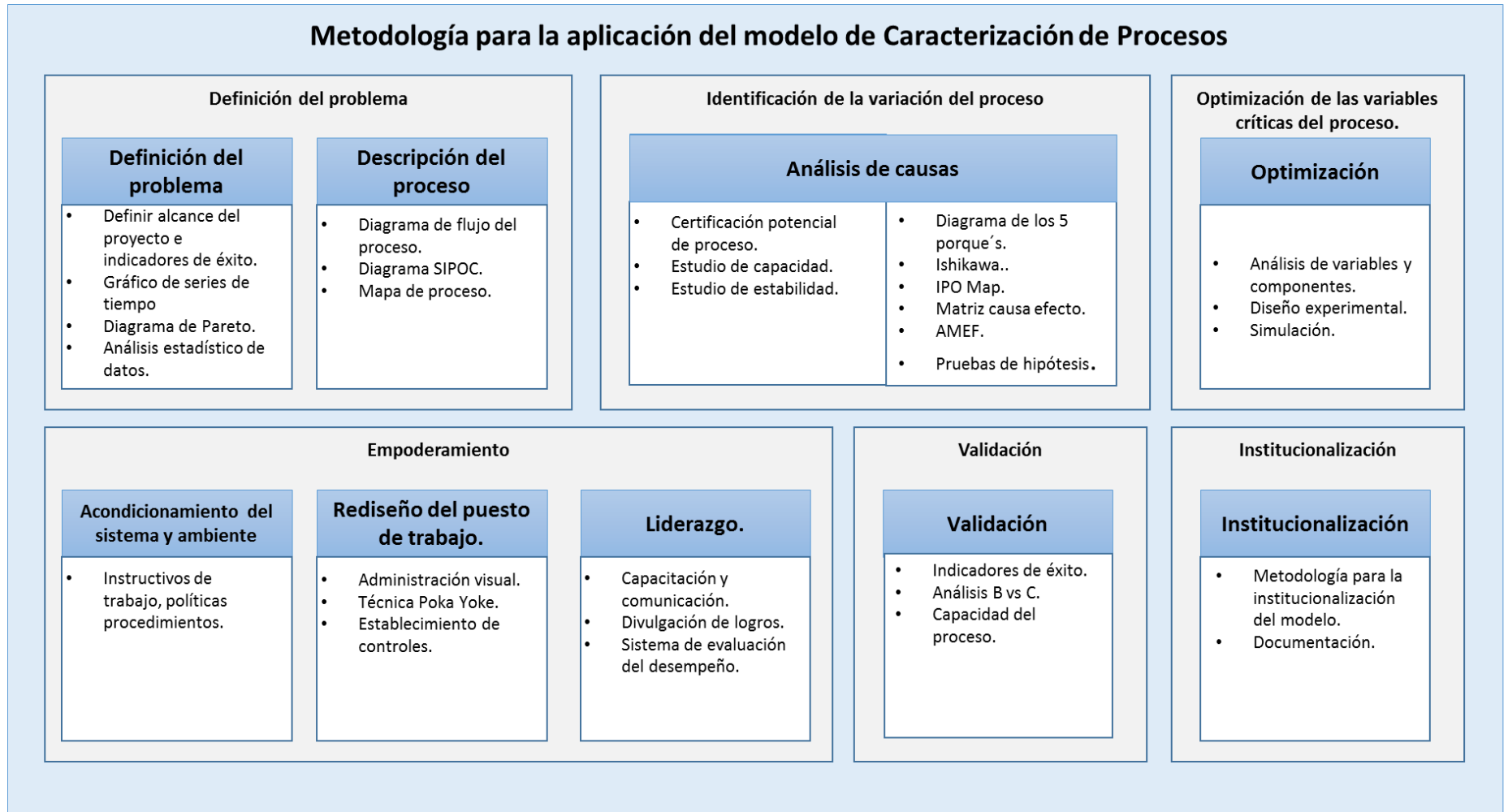
Seguidamente se presenta la fase de empoderamiento, pues como se mencionó anteriormente, es primordial para alcanzar el éxito de los dos principios fundamentales de la caracterización de procesos. El empoderamiento se divide en 3 elementos, a través del acondicionamiento del sistema y ambiente se crean o modifican políticas, procedimientos o instructivos de trabajo, esto en respuesta a los cambios requeridos para optimizar las variables críticas del proceso.

El rediseño del puesto de trabajo implica la inclusión o modificación de los elementos necesarios para llevar a cabo de manera exitosa lo estipulado en los procedimientos e instructivos de trabajo; con el liderazgo se logra empoderar al personal para alcanzar una actitud positiva hacia los cambios establecidos y una orientación hacia la búsqueda de nuevas maneras para mejorar el trabajo realizado.

La siguiente fase del modelo está constituida por la validación, en donde se evalúa si las propuestas diseñadas representan una mejora sobre el proceso bajo estudio. Una vez que se ha evaluado la viabilidad de las propuestas de mejora, se da inicio a la fase de institucionalización del conocimiento adquirido, de manera que el mismo sea útil tanto para los involucrados actualmente con el proceso, como para los colaboradores futuros de la compañía.

En la Figura 33 se presenta la metodología para la aplicación del modelo de caracterización de procesos, donde se incluyen una serie de herramientas asociadas a cada una de las sub fases del modelo. Cabe destacar que el modelo no sugiere la implementación de todas ellas, sino que ello dependerá de la naturaleza del problema bajo estudio. Además, las herramientas se ordenan de menor a mayor nivel de complejidad, de manera que las primeras corresponden a las herramientas más básicas para la ejecución de la caracterización de procesos.

Figura 33 Metodología para la aplicación del modelo de caracterización de procesos



### 3.5 Conclusiones de diseño

Como se determinó en el diagnóstico, la variable estado del polímero refinado es significativa en la generación de producto con granos, y los elementos que actualmente influyen sobre ella son la temperatura del polímero y el tiempo de residencia en el molino, variables que poseen una relación directa.

En la etapa de diseño se propone una estandarización de la cantidad de cargas continuas en el molino refinador, tal que la temperatura no ascienda al punto en el cual se aumente el tiempo de residencia debido a la disminución en el espesor de las láminas de polímero que conforman el refinado. Además, se propone el establecimiento de capacitaciones periódicas en cuanto a la adecuada segregación de producto con granos y buenas prácticas para su prevención, con el objetivo de que los operarios estén conscientes sobre la importancia de la buena segregación y del trabajo en equipo para alcanzar disminuir el porcentaje de producto con granos. Esto se relaciona el liderazgo de los supervisores, pues un buen líder hace del aprendizaje una prioridad, además estas capacitaciones constituyen una manera de que los supervisores les transmitan a los operarios el interés por disminuir el impacto del problema.

Además de las capacitaciones, se diseñan ayudas visuales para el tratamiento, segregación y prevención de polímero con granos, esto tanto para el proceso de mezclado como para los procesos de extrusión y ensamble, ya que como se determinó, estos procesos están relacionados con la generación de producto con granos en el área de mezclado. Las ayudas visuales refuerzan el conocimiento adquirido con las capacitaciones y proporcionan a los operarios acceso fácil y rápido a la información en su puesto de trabajo.

A través de los mecanismos propuestos para la evaluación del desempeño y la divulgación de logros, como por ejemplo las reuniones de evaluación entre el supervisor y cada cuadrilla, la pizarra para el seguimiento de las no conformidades y el indicador de tarjetas rojas, se espera medir el rendimiento de los operarios en cuanto a la generación de producto de buena calidad, así como generar retroalimentación por parte de sus superiores aumentar su motivación. Además, identificar nuevas metodologías para mejorar y mantener los resultados positivos alcanzados, así como eliminar los elementos que generan resultados negativos sobre la calidad del producto.

Por último, con el modelo de caracterización de proceso diseñado se crea una base metodológica para resolución de problemas futuros tanto en el proceso de mezclado como en los demás procesos productivos de la organización.

## Capítulo 4. Validación del Proyecto

### 4.1 Objetivo General

Validar las propuestas de mejora para la reducción de granos en el polímero #3.

### 4.2 Objetivos específicos

Evaluar el impacto de las propuestas de mejora en la generación de granos, a través de la validación de los indicadores de éxito del proyecto.

### 4.3 Metodología

Esta etapa está enfocada en la validación de las propuestas de mejora presentadas en la etapa de diseño del proyecto.

La validación se constituye de la implementación de algunas de las propuestas de mejora diseñadas, incluyendo la aplicación del modelo para la evaluación de la formación de Kirkpatrick (2006). Adicionalmente, respecto a la validación de la propuesta en el cambio del método de trabajo para el refinado de polímero con granos, se realiza un análisis B vs C y una prueba posterior para verificar el impacto real del nuevo método sobre el proceso.

### 4.4 Análisis B vs C

El análisis B vs C es una herramienta estadística no paramétrica que permite comparar el proceso actual contra el proceso mejorado o propuesto. La prueba considera la hipótesis nula  $H_0 = \text{Proceso B} = \text{Proceso C}$ , donde el proceso B es el mejorado y el proceso C el actual. Para el caso del proyecto, el proceso actual se refiere a procesar 7 cargas continuas de polímero en el molino refinador y el proceso mejorado a procesar 3.

Se utiliza un nivel de significancia de 90%, categorizado por la prueba como un nivel moderado de confianza para el cual se obtienen 3 muestras del proceso B y 2 muestras del proceso C (Anexo 7), en igualdad de condiciones.

La variable de respuesta en este caso es el t5, obtenido de la prueba de laboratorio denominada scorch, mediante la cual, como se mencionó previamente, se genera la curva de curado del polímero



y se muestra el  $t_5$ , que corresponde al indicador del tiempo restante para que a cierta temperatura el polímero se cure, es decir, es el punto de inflexión donde se acelera la velocidad de reacción.

A partir de los resultados obtenidos la diferencia de promedios corresponde a la siguiente:

$$\overline{X}_B - \overline{X}_C = 3,37$$

Según el cuadro presentado en el Anexo 7, el valor de  $k$  a ser utilizado es 4. Esto debido a que se considera un nivel de criticidad moderado, ya que las consecuencias de una decisión errónea son menores a \$10000 y las desviaciones estándar entre los procesos B y C son diferentes.

El factor  $k$  utilizado corresponde a un valor  $\beta$  de 0,05, para un resultado de:

$$k * \delta_C = 2,77$$

Dado que  $\overline{X}_B - \overline{X}_C \geq k * \delta_C$  se rechaza la hipótesis nula y se infiere que el método propuesto es mejor que el método actual.

Los resultados indican que con el método mejorado se presenta una disminución de 2,77 min en el indicador de  $t_5$ , lo cual evidencia la reducción en el historial calórico del polímero refinado, situación que contribuye con la disminución de granos en el polímero #3. Como lo indica el ingeniero de procesos, esta diferencia en el indicador de  $t_5$  es suficiente para que un lote de polímero #3 sea afectado por la aparición de granos, pues con solo medio kilogramo de polímero graneado se afecta a todo el lote de 200 kg.

Adicionalmente, como una extensión de la prueba para asegurar que esta diferencia en el  $t_5$  es significativa, se dosifican las muestras de polímero refinado en una producción de polímero #3, asegurando que las condiciones que pudieran afectar a la prueba estén controladas (máquina, otros materiales, etc.), y se obtiene que para las muestras de polímero refinado correspondientes al proceso B (mejorado) no se generan granos en el polímero #3, y para las muestras de polímero refinado correspondiente al proceso C, sí. Lo anterior indica que sí existe una diferencia real entre el método mejorado y el actual sobre la generación de granos.

Además, otro elemento importante de destacar es que con el método mejorado la manipulación del polímero en el proceso de refinado se torna menos complicada, pues se obtiene un descenso en la temperatura (aproximadamente a 65 °C) y con ello se logra una mayor estabilidad del grosor de las pequeñas láminas que conforman el polímero refinado. Se evita así que el polímero se reviente a consecuencia de la alta temperatura.

Con el método propuesto no solo se mejora la calidad del polímero refinado, sino también la productividad, dado que se obtiene un aumento de 3 láminas de polímero refinado por hora, lo cual representa una mejora de 37% en la eficiencia. Esto es significativo para la compañía ya que permite un mayor procesamiento de polímero con granos, así como disponibilidad de chapas para el almacenamiento de polímeros.

#### 4.5 Implementación de capacitaciones y modelo de Kirckpatrick

Como parte de la validación, se efectúan las capacitaciones para operarios en los temas de buenas prácticas en el manejo de polímeros con granos, buenas prácticas en el mezclado de polímero CNC y el impacto de la mala segregación de polímeros con granos sobre los procesos. Adicionalmente se aplica el modelo de Kirckpatrick (2006) para la evaluación de la formación.

Cabe destacar que las acciones formativas se imparten por parte de los estudiantes a cargo del proyecto y por cuestiones de disponibilidad de tiempo por parte de la organización no se realizan a la totalidad de los operarios. Para el caso del proceso de mezclado se capacita a un 70% de los operarios, para extrusión un 100% y para ensamble un 33%. Además, tan solo en un 30% de las capacitaciones se contó con la presencia del supervisor de proceso correspondiente.

##### 4.5.1 Nivel 1: Reacción

###### 4.5.1.1 Proceso de mezclado

Los resultados obtenidos para la evaluación del nivel de satisfacción de los participantes respecto a la acción formativa se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12 Resultados evaluación nivel 1 proceso de mezclado.

No	Ítems	Puntaje grupal	% Promedio	Calificación
1	Le gustó la capacitación.	26	93%	Excelente
2	Los temas expuestos tienen relación con su actividad laboral.	27	96%	Excelente
3	Uso apropiado de medios audiovisuales (presentación, videos, etc.) que facilitaron el aprendizaje.	28	100%	Excelente
4	La información brindada fue expuesta de una manera clara y ordenada.	28	100%	Excelente
5	El instructor logró mantener su interés durante toda la sesión.	26	93%	Excelente
<b>PROMEDIO</b>		96%		
<b>CALIFICACIÓN</b>		Excelente		

La calificación general corresponde a un 96%, lo cual se categoriza como una calificación excelente según el instructivo de calificación de la Asociación Oaxaqueña de Psicología (2010) (Anexo 9). Con lo anterior se logra un nivel alto de satisfacción respecto a la acción formativa.

Respecto a las preguntas abiertas (Tabla 13) incluidas en el cuestionario, se presenta un resumen de los comentarios.

Tabla 13 Resumen de respuestas abiertas nivel 1, proceso de mezclado.

**6. ¿Qué fue lo que más le gusto de esta sesión?**

- ✓ Saber diferentes conceptos como el uso del CNC y como no revolverlo.
- ✓ Fue un tema bastante desconocido para mi persona entonces pude aprender lo suficiente.
- ✓ El hecho de empezar a hacer las cosas bien.
- ✓ Aprender cosas nuevas.

**7. ¿Qué fue lo que menos le gustó de esta sesión?**

- ✓ Le faltó dinamismo.
- ✓ Faltan muchas personas que deberían recibir la charla.

**8. ¿Qué cree que se podría hacer en presentaciones futuras para mejorar el aprendizaje de los temas tratados en la sesión?**

- ✓ Un poco más activa.
- ✓ Brindar folletos de las ayudas visuales durante la presentación.

De acuerdo con lo anterior, como recomendación para capacitaciones futuras debería tomarse en cuenta en mayor medida el elemento relacionado con dinamismo de la presentación, así como brindar folletos de ejemplo de las ayudas visuales a ser colocadas en la planta.

#### 4.5.1.2 Proceso de extrusión

Los resultados obtenidos para la evaluación del nivel de satisfacción de los participantes respecto a la acción formativa se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14 Resultados evaluación nivel 1 proceso de extrusión.

No.	Ítems	Puntaje grupal	% Promedio	Calificación
1	Le gustó la capacitación.	37	84%	Bueno
2	Los temas expuestos tienen relación con su actividad laboral.	42	95%	Excelente
3	Uso apropiado de medios audiovisuales (presentación, videos, etc.) que facilitaron el aprendizaje.	35	80%	Bueno
5	La información brindada fue expuesta de una manera clara y ordenada.	32	73%	Bueno
6	El instructor logró mantener su interés durante toda la sesión.	38	86%	Bueno
<b>PROMEDIO</b>		84%		
<b>CALIFICACIÓN</b>		Bueno		

Como se muestra en el cuadro, la calificación general corresponde a un 84%, lo cual se clasifica como bueno, y se infiere que se logra una satisfacción aceptable respecto a la acción formativa.

Respecto a las preguntas abiertas (Tabla 15) incluidas en el cuestionario, se presenta un resumen de las respuestas más frecuentes.

Tabla 15 Resumen de respuestas abiertas nivel 1, proceso de extrusión.

**6. ¿Qué fue lo que más le gusto de esta sesión?**

- ✓ Nos ayuda a exponer problemas reales de la generación de granos.
- ✓ Información clara y sencilla.
- ✓ Buscar solución a un problema.

**7. ¿Qué fue lo que menos le gustó de esta sesión?**

- ✓ Es un tema que se ha tratado en otras ocasiones.
- ✓ Que es un tema recurrente que año a año se intenta corregir pero no se da la solución acertada.

**8. ¿Qué cree que se podría hacer en presentaciones futuras para mejorar el aprendizaje de los temas tratados en la sesión?**

- ✓ Presentar muestras físicas de los problemas.
- ✓ Hacer más charlas como estas.
- ✓ Traer a los jefes.

De acuerdo con lo anterior, como recomendación para capacitaciones futuras se propone que los supervisores estén presentes, así como brindar ejemplos físicos de los defectos generados por el problema.

#### 4.5.1.3 Proceso de ensamble

Los resultados obtenidos para la evaluación del nivel de satisfacción de los participantes respecto a la acción formativa se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16 Resultados evaluación nivel 1 proceso de ensamble.

No.	Ítems	Puntaje grupal	% promedio	Calificación
1	Le gustó la capacitación.	136	83%	Bueno
2	Los temas expuestos tienen relación con su actividad laboral.	148	90%	Bueno
3	Uso apropiado de medios audiovisuales (presentación, videos, etc.) que facilitaron el aprendizaje.	149	91%	Excelente
5	La información brindada fue expuesta de una manera clara y ordenada.	146	89%	Bueno
6	El instructor logró mantener su interés durante toda la sesión.	147	90%	Bueno
<b>PROMEDIO</b>		89%		
<b>CALIFICACIÓN</b>		Bueno		

La calificación general corresponde a un 89%, lo cual se clasifica como bueno, y se infiere que se logra una satisfacción aceptable en relación con la acción formativa.

Respecto a las preguntas abiertas incluidas en el cuestionario, se presenta un resumen de las respuestas más frecuentes (Tabla 17).

Tabla 17 Resumen de respuestas abiertas nivel 1, proceso de ensamble.

<p><b>¿Qué fue lo que más le gusto de esta sesión?</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Que se trata de mejorar un problema y el conocimiento adquirido.</li><li>✓ Que fue rápido y directo.</li><li>✓ Las guías visuales.</li><li>✓ La aclaración de dudas y la preparación de los expositores.</li><li>✓ La generación de consciencia sobre el problema.</li></ul> <p><b>¿Qué fue lo que menos le gusto de esta sesión?</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ La falta de espacio y la incomodidad.</li></ul> <p><b>¿Qué cree que se podría hacer en presentaciones futuras para mejorar el aprendizaje de los temas tratados en la sesión?</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Fotos y videos de los procesos.</li><li>✓ Hacer la presentación en un sitio más cómodo.</li><li>✓ Llevar muestras de scrap para generar más consciencia.</li></ul>
---

De acuerdo con lo anterior, como recomendación para capacitaciones futuras se propone llevar muestras de scrap por grano de polímero e incluir fotos y videos de los procesos.

#### 4.5.1.4 Interpretación de resultados nivel 1

Considerando las 3 áreas se obtiene un promedio integrado de 90, lo cual evidencia que de manera general la satisfacción de los participantes respecto a la acción formativa fue buena. No obstante, cabe recalcar que es importante utilizar la misma metodología de transmisión del conocimiento, de manera que no existan elementos diferentes de una capacitación a otra.

En ese sentido, a pesar de los esfuerzos realizados hubo un elemento diferenciador, el cual corresponde a las instalaciones utilizadas, pues las capacitaciones para el proceso de mezclado se realizaron en una de las salas de capacitaciones de la compañía, pero para el caso de los procesos de ensamble y extrusión se realizaron en una pequeña sala ubicada en el interior de la planta de proceso, la cual contaba con limitaciones de espacio y de calidad del equipo de cómputo, pues se presentaron fallos en la proyección de la presentación. Es debido a lo anterior que se presentan diferencias entre los valores de calificación de las capacitaciones.



Además, como se mencionó anteriormente, en la mayoría de los casos no se contó con la presencia del supervisor de proceso, lo cual constituye otro elemento de diferenciación entre capacitaciones, además de la visible importancia de transmitir a los operarios el interés por mejorar el problema de los granos para así obtener concientización y un compromiso real por parte de los mismos. Este tema confirma los hallazgos obtenidos en el diagnóstico respecto a la necesidad de involucramiento de los supervisores y las debilidades en cuanto a liderazgo se refiere.

#### 4.5.2 Nivel 2: Aprendizaje

Para la evaluación del aprendizaje se aplican los cuestionarios antes y después de la capacitación, se califican de acuerdo con la puntuación establecida y se calcula el promedio general para cada área (Tabla 18).

Tabla 18 Resultados nivel 2 evaluación del aprendizaje

Proceso	Anterior a la capacitación	Posterior a la capacitación	Resultado
Mezclado	67	85	Se ajusta a lo esperado
Extrusión	81	88	Se ajusta a lo esperado
Ensamble	35	85	Se ajusta a lo esperado

Considerando lo establecido en la Tabla 11 para el criterio de evaluación del aprendizaje, los resultados indican que en todas las áreas el nivel de aprendizaje se ajusta a lo esperado.

Por otro lado, en relación con el taller de liderazgo para los supervisores, a la fecha no se logró validar debido a otras prioridades de la organización. La presentación, así como la explicación de las dinámicas establecidas (Anexo 4).

#### 4.6 Sistemas para la evaluación del desempeño

Respecto al sistema para evaluar la gestión diaria, que corresponde a la pizarra donde se detallan las no conformidades que se presentan, la identificación de causas, contramedidas y resultados, se

logra validar a través de su colocación en un lugar visible en la compañía. La Figura 34 muestra una fotografía de la pizarra colocada en la empresa.

Figura 34 Fotografía de pizarra

FECHA	TURNO	MEZCLADOR	NO CONFORMIDAD	CONTRAMEDIDA	RESULTADO

El indicador de tarjetas rojas también es implementado en la compañía (Figura 35).

Figura 35 Fotografía de Indicador de tarjetas rojas

Indicador de Tarjetas Rojas

Día: \_\_\_\_\_

	Turno 1	Turno 2	Turno 3
Mezclador 1	• • • •	■ • • • •	• • • • •
Mezclador 2	• • ■ • •	• • • • •	• • • • •
Mezclador 3	• • • • •	• • ■ • •	• • • • •

Meta: \_\_\_\_\_ Actual: \_\_\_\_\_

Tanto la pizarra como el indicador de tarjetas rojas no se logran implementar en la compañía hasta el final del periodo de validación, sin embargo, se les brinda a todos los supervisores el conocimiento acerca del funcionamiento e interpretación de las dos herramientas, de manera que estas puedan seguir operando a lo largo del tiempo. Cabe destacar que ambas herramientas son colocadas en un espacio aislado de las condiciones ambientales usuales (ruido y temperatura), lo cual permite una correcta comunicación entre los supervisores y operarios al momento de realizar las reuniones de seguimiento propuestas al inicio de cada turno.

En relación con la modificación de la metodología para el cálculo del incentivo por calidad, se realiza una aplicación en Excel, pues anteriormente el cálculo se realizaba de forma manual y por cuadrilla, de allí surgió la necesidad de realizarlo por operario y de una manera más rápida y dinámica. Con la aplicación se incluye el elemento de penalización relacionado con el envío de material graneado hacia los siguientes procesos. La aplicación ya se encuentra en uso por parte del jefe del proceso de mezclado, no obstante, el comunicado de esta modificación a los operarios se encuentra pendiente.

Respecto a la evaluación del desempeño por cuadrilla, referente a la reunión entre el supervisor y cada cuadrilla, a la fecha no se pudo validar debido a otras prioridades de la organización. En el Anexo 5 se presenta una bitácora para la realización de dicha evaluación.

Por otro lado, las ayudas visuales diseñadas fueron revisadas y aceptadas por parte de los ingenieros involucrados, sin embargo, no se han logrado colocar en la planta pues se requiere de todo un proceso para la inclusión de las mismas dentro del sistema de gestión de calidad, proceso que a la fecha no se ha concluido.

## 4.7 Conclusiones de la validación

Debido a aspectos fuera de control del grupo de trabajo en este proyecto, únicamente se lograron validar un 50% de las propuestas elaboradas en la etapa de diseño. Dentro de las propuestas que se logran validar se encuentra la modificación al método para la elaboración de polímero refinado. Lo anterior se realiza a través del análisis B vs C, donde se obtiene que existe evidencia estadística significativa para inferir que el método propuesto genera un incremento en la calidad del polímero refinado, lo cual impacta directamente la calidad del polímero bajo estudio.

Por otra parte, en cuanto a los sistemas para la evaluación del desempeño, se logra implementar en la compañía la pizarra para el monitoreo de la gestión diaria de las no conformidades, el indicador de tarjetas rojas y la modificación para el cálculo del incentivo por calidad, la cual es aceptada por parte de la compañía y puesta en práctica a través del uso de la aplicación de Excel.

Respecto a las capacitaciones sobre buenas prácticas en el manejo de polímeros con granos, se tuvo elementos que no se lograron controlar, como por ejemplo la ausencia de los supervisores, la diferencia en las instalaciones y en las condiciones de espacio y equipo tecnológico, así como el hecho de no capacitar al 100% de los operarios. Los elementos anteriores interfieren con el éxito de las acciones formativas, de manera que es primordial asegurar su control para obtener los resultados esperados.

Dentro de las propuestas que no se lograron validar se encuentran: el taller de liderazgo, la reunión de evaluación del desempeño, la ubicación de las ayudas visuales en los puestos de trabajo, así como la comunicación del ajuste en el incentivo por calidad. Con lo anterior se pretendía aumentar el sentido de liderazgo en los supervisores, así como generar retroalimentación que permitiera obtener un cambio en el comportamiento de los operarios respecto a la prevención de producto con granos, y contribuir así con la mejora continua del proceso.

## Conclusiones Generales

Con el proyecto se plantea un modelo reproducible y replicable, que permitiría mitigar la proporción de granos en el polímero #3, ya que ataca la causa raíz del problema a través de las áreas del empoderamiento: liderazgo, sistema y ambiente y diseño de puesto.

No obstante, dadas las condiciones del proyecto, no es posible presentar resultados sobre la disminución en el porcentaje de granos en el polímero #3, así como en los demás indicadores de éxito. Esto debido a que, como se presenta en la validación, no fue posible aplicar la totalidad de las propuestas de mejora debido a situaciones ajenas a la realización del proyecto. Además, dada la naturaleza del problema, las propuestas se diseñan como todo un conjunto de elementos interrelacionados que buscan generar un cambio sobre la labor de los operarios hacia la correcta gestión del producto no conforme.

A pesar de lo anterior, se debe rescatar el aprendizaje adquirido con la realización del proyecto, donde se destaca el elemento de involucramiento y trabajo en equipo, que requiere mayor esfuerzo por parte de todos los involucrados, desde los líderes del proceso hasta los operarios.

Con la validación se demuestra que existe una oportunidad de mejora en relación con el elemento de involucramiento y trabajo en equipo, debido a que, como indica la Development Dimensions Internacional (2003), para el éxito de los modelos de mejora continua es primordial que estén presentes estos factores.

También es importante recalcar que para la ejecución de acciones formativas se debe aplicar la misma metodología de transmisión del conocimiento, lo cual incluye las mismas instalaciones. Además, reiterar la importancia que tiene el involucramiento de los supervisores de proceso en las acciones formativas, para lograr transmitir a los colaboradores que el problema es importante, no porque tenga porcentajes altos o bajos de defectuosos, sino porque dentro de los procesos de mejora continua, una directriz de la organización es que debe controlarse y disminuirse.

## Recomendaciones

Ante problemáticas como las que se trataron en el proyecto, relacionadas con porcentajes de materiales defectuosos que a simple vista pueden parecer pequeños, pero que son importantes; es fundamental realizar un cambio en la cultura con el fin de lograr que los supervisores se involucren en el seguimiento efectivo para la mejora. Si bien es cierto que el éxito depende del trabajo en equipo, la motivación para alcanzarlo nace de la actitud que posean los líderes del proceso y de la medida en la cual se involucren y transmitan a sus colaboradores la necesidad de efectuar cambios para la mejora continua del proceso.

Una de las variables importantes en el proceso de refinado del polímero es el grosor de la lámina resultante. Con el estudio realizado se determinó que el proceso es capaz pero se encuentra descentrado hacia la izquierda (Figura 18). Lo anterior quiere decir que en ocasiones la lámina resultante es más delgada de lo que debería, considerando el límite de especificación inferior. El hecho de que la lámina sea más delgada no afecta en la generación de granos, como sí lo haría una lámina de un grosor mayor al límite de especificación superior. No obstante, es importante mantener un monitoreo constante de dicha variable, pues depende directamente del operario que trabaje en el proceso, por lo cual debería existir un medio de control para que dicho grosor no dependa exclusivamente de la experiencia o el cálculo de los operarios.

Es por lo anterior que se recomienda instalar en la máquina un Tacómetro digital tipo panel, de manera que se estandarice la cantidad de vueltas que debe dar el rodillo y con ello se regule el grosor de la lámina resultante, para así garantizar que el grosor no sobrepase el límite de especificación superior.

## Bibliografía

- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2000). *Sistemas de Gestión de la Calidad Fundamentos y Vocabulario*. Madrid: AENOR.
- Aguilar J, Vargas J. (2010). Encuesta de evaluación de cursos de capacitación. *Network de psicología organizacional*. México: Asociación Oaxaqueña de Psicología A.C.
- American Society for Training and Development. (2002). *An ASTD State of the Industry Report on Trends in Employer- Provided Training in the United State*. Recuperado el 1 de diciembre de 2015, de: <https://www.td.org/Professional-Resources/State-Of-The-Industry-Report>
- Barrentine, L. (2003). *Concepts for R&R Studies*. Wisconsin: American Society for Quality.
- Blanchard, K. (1996). *Empowerment takes more than a minute*. San Francisco: Berrett-Koehler Publishers, Inc.
- Bhote K, Bhote A. (2000). *World Class Quality*. Estados Unidos: AMACOM
- Cáceres R. (1995). *Estadística multivariante y no paramétrica con SPSS, aplicación a las ciencias de la salud*. España: Díaz de Santos S.A.
- Colunga D, Saldierna A. (1994). *Los Costos de Calidad*. México: Editorial Universitaria Potosina.
- De Bono Personal Web Site (2008). Recuperado el 25 de noviembre de 2015, de: [http://www.edwarddebono.com/PassageDetail.php?passage\\_id=145&s\\_name=leader](http://www.edwarddebono.com/PassageDetail.php?passage_id=145&s_name=leader).
- Delgado, J. (2009). *Liderazgo y Empoderamiento*. Recuperado el 6 de noviembre de 2015, de: <http://es.slideshare.net/jcfdezmxmanag/liderazgo-y-empowerment-1031058>.
- Delobelle, A. (2011). *Liderazgo resonante, evaluación del desempeño y disonancia cognitiva*. Recuperado el 5 de noviembre de 2015, de: <http://www.grandespymes.com.ar/2011/04/19/liderazgo-resonante-evaluacion-del-desempeno-y-disonancia-cognitiva/>.
- Development Dimensions International. (2003). *Learning links, Your Guide to DDI's Systems and Capabilities for Realizing Improved Performance*.
- Guerrero P. (2006). *Administración de la calidad*. Mexico: Editorial Pearson Educación.

Gutiérrez H, De la vara R. (2009). Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma. México: McGraw-Hill.

Harry, M. Lawson, R. (1990). Six Sigma Producibility Analysis and Process Characterization. Illinois: Motorola Inc.

Harry, M. Schroeder, R. (2005). Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations. New York, USA: Bantam Books.

INAEM –Instituto Aragónes de Empleo. Guía para la evaluación de la formación en la empresa. Recuperado el 30 de enero de 2016, de: <http://www.conectapyme.com/documentacion/AA2010-06-2.pdf>

INCAE, La comunicación asertiva como base del liderazgo. Recuperado el 1 de febrero de 2016 de: [http://rsrscs.elretoincae.com/webinars/1308/Comunicacion\\_Asertiva\\_INCAE.pdf](http://rsrscs.elretoincae.com/webinars/1308/Comunicacion_Asertiva_INCAE.pdf).

Kirkpatrick D, Kirkpatrick J. (2006). Evaluación de acciones formativas. Barcelona, España: Epise.

Koontz, H, Weihrich H. (1998). Administración una Perspectiva Global. México: McGraw-Hill.

Meoño M, Ligia (1996). Introducción a la estadística de la salud. Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica.

Miranda Rivera, L. N. (2006). Seis Sigma. Guía para principiantes. (pág.76). México D.F: Panorama Editorial.

Montgomery, D. (2004). Diseño y análisis de experimentos. México: Limusa Wiley.

Montgomery, D. (2006). Control estadístico de la calidad. México: Limusa Wiley.

NIST/SEMATECH. (2003). Production Process Characterization. Estados Unidos de América. Recuperado el 8 de diciembre de 2014, de: <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/tooluids/pff/ppc.pdf>

Ocampo, H. (2012). Planificación Avanzada de la Calidad del Servicio. [Diapositiva de power point]

The RMIT Counselling Service. Assertive communication. Recuperado el 30 de enero de 2016, de <http://mams.rmit.edu.au/owx2c90pize9.pdf>



Rodríguez, J. (2005). El Modelo Kirckpatrick para la evaluación de la formación. Recuperado el día 10 de noviembre de 2015, de: <http://www.uhu.es/yolanda.pelayo/docencia/Virtualizacion/2-contenidos/parte%204/MODELO%20DE%20KIRCKPATRICK.pdf>

Sosik, J., Potosky, D. & Jung, D. (2002) "Adaptive Self- Regulation: Meeting Others' Expectations of Leadership and Performance". En: *The Journal of Social Psychology*, 142 (2), 211-232.

## Glosario

CNC: Componente que no cumple con especificaciones en sus dimensiones, tales como espesor y ancho.

Curado: Es un proceso irreversible durante el cual un compuesto de polímero, a través de un cambio en su estructura química, se hace menos plástico y más resistente al hinchamiento por líquidos orgánicos; mientras que las propiedades elásticas conferidas son mejoradas y extendidas sobre un amplio rango de temperatura.

MRC: Laboratorio de Control de Calidad del Área de Mezclado.

Producto no conforme: Reproceso y desperdicio.

Percentil: Por su nombre cada percentil indica el porcentaje de elementos del conjunto que está por debajo del valor de a variable que él representa.

Reómetro: Aparato utilizado en control, diagnóstico y prevención de los problemas de elaboración de polímeros.

Scrap: Producto final que no reúne las especificaciones de calidad, por lo cual debe ser desechado.

Tailling: Polímero que cae al piso durante el proceso de mezclado por lo cual debe ser desechado.

Tarjeta roja: Categorización que se le confiere al producto no conforme.

Trazabilidad: Consiste en un conjunto de medidas, acciones y procedimientos que permiten registrar e identificar cada producto desde su origen hasta su destino.

Variables críticas: Variables que afectan significativamente el proceso de producción.

Granos: Porciones duras en la lámina de polímero.

## Anexos

### 5.1 Anexo #1 Proceso productivo

**Mezclado:** Primeramente, se alistan las materias primas requeridas tales como polímeros, pigmentos, compuestos, material de relleno y aceites, en proporciones específicas para cada tipo de polímero. Posterior a esto se mezclan las materias primas en el área de mezclado, en este proceso se vierten los materiales en una gran tolva que los conduce hacia una serie de tornillos que se encargan de mezclarlos a una determinada temperatura, para luego ser laminados al pasar por dos grandes rodillos. El polímero laminado se enfría y se corta en varias tiras, dependiendo del tamaño de la entrada de la máquina a la cual se dirige posteriormente.

Una vez que se fabrican las láminas de polímero, se realizan pruebas físico-químicas en el Laboratorio de Control de Calidad del Área de Mezclado (MRC) para garantizar que el producto es de calidad aceptable y apto para ser utilizado en los procesos posteriores al mezclado. El análisis considera las siguientes pruebas:

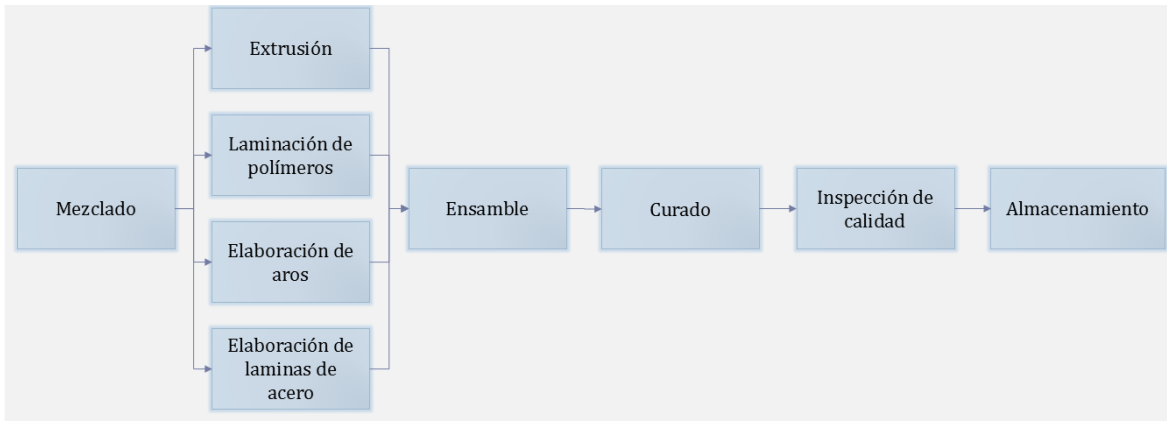
- **Reometría:** Por medio de un reómetro se realiza el curado de una muestra de polímero, esto a través de la medición de torque que ejerce el rotor del reómetro, de esta manera traza la curva de curado e indica el torque máximo y mínimo de la muestra. El torque mínimo está relacionado con la viscosidad y el máximo con la dureza.
- **Gravedad específica:** Se realiza para determinar si la cantidad de material de relleno utilizado en la mezcla fue la correcta.
- **Viscosidad:** Este parámetro define la adecuación de un polímero para ser manipulado en los siguientes procesos de elaboración del producto final.
- **Prueba de cobalto:** Verifica la presencia y cantidad adecuada de cobalto que debe contener un determinado tipo de polímero.

Cada vez que se identifica algún defecto se procede a rotular el lote o los lotes afectados con una tarjeta roja y trasladarlos a un área específica destinada para el almacenamiento de producto no conforme. Posterior a esto, al producto se le da disposición por parte del ingeniero de procesos o el supervisor del área de mezclado.

El polímero debe reposar por aproximadamente 6 horas antes de ser utilizado en los procesos siguientes. Los polímeros se producen en lotes de aproximadamente 200 kg.

Posterior al proceso de mezclado los Lotes de polímero son dirigidos a diferentes máquinas donde se realizan componentes específicos del producto final, entre los cuales se encuentran extrusoras, laminadoras de polímeros, extrusoras con acero. En la figura 37 se muestra el proceso de fabricación del producto final.

Figura 36 Diagrama de proceso de elaboración del producto final



**Extrusión:** Se extruyen 3 componentes que forman parte del producto final, dentro de los cuales se encuentran los laterales.

**Laminación de polímeros:** En esta área se realiza el sellante, el cual consiste en una capa de tela cubierta con polímero, con la función de mantener hermético el producto final.

**Aros:** En esta área se realiza el aro, el cual está formado por alambre de acero recubierto de polímero.

**Elaboración de láminas de acero:** Las láminas de acero consisten una serie de capas de alambre con polímero especial para dar estabilidad al producto final.

**Ensamble:** Luego de realizados todos los componentes del producto final se procede a realizar el ensamble de los mismo mediante una máquina que une los componentes por presión.

**Curado:** Consiste en colocar en un molde caliente los diferentes componentes unidos en el proceso anterior, por un periodo de tiempo definido, con el fin de unirlos químicamente.

**Inspección de calidad:** En esta etapa el inspector de calidad revisa el producto con el fin de detectar cualquier imperfección. En caso de que se presente una no conformidad y el producto no pueda ser reprocesado es desechado como scrap.

**Almacenamiento:** Finalmente después de ser inspeccionado, se procede a almacenarse en la bodega de producto terminado de acuerdo con su código de trazabilidad.

## 5.2 Anexo # 2 Criterios para severidad, ocurrencia y detección AMEF.

INDICE DE GRAVEDAD		INDICE DE OCURRENCIA		INDICE DE DETECCIÓN	
Criterio	G	Criterio	O	Criterio	D
Ínfima: El defecto sería imperceptible por el usuario	1	Muy escasa probabilidad de ocurrencia: Defecto inexistente en el pasado.	1	Muy elevado: El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los procesos de medición existentes.	1
Escasa: El cliente puede notar un fallo menor, pero sólo provoca una ligera molestia.	2-3	Escasa probabilidad de ocurrencia: Muy pocos fallos en circunstancias pasadas similares.	2-3	Elevada: El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría raramente escapar a algún proceso de medición primario, pero sería posteriormente detectado.	2-3
Baja: El cliente nota el fallo y le produce cierto enojo.	4-5	Moderada probabilidad de ocurrencia: Defecto aparecido ocasionalmente.	4-5	Frecuente: El defecto es una característica de bastante fácil detección.	4-5
Moderada: El fallo produce disgusto e insatisfacción en el cliente.	6-7	Frecuente probabilidad de ocurrencia: En circunstancias similares anteriores el fallo se ha presentado con cierta frecuencia.	6-7	Moderada: Defectos de difícil detección que con relativa frecuencia llegan al cliente.	6-7
Elevada: El fallo es crítico, originando un alto grado de insatisfacción en el cliente.	8-9	Elevada probabilidad de ocurrencia: El fallo se ha presentado frecuentemente en el pasado.	8-9	Escasa: El defecto es de naturaleza tal, que su detección es relativamente improbable mediante los procesos de medición convencionales.	8-9
Muy elevada: El fallo implica problemas de seguridad o de no conformidad con los reglamentos en vigor.	10	Muy elevada probabilidad de fallo: Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	10	Muy escasa: El defecto con mucha probabilidad llegará al cliente, por ser muy difícil de detectar.	10

Fuente: Ocampo, H. (2012)

### 5.3 Anexo # 3 Propuestas de presentación para las capacitaciones.

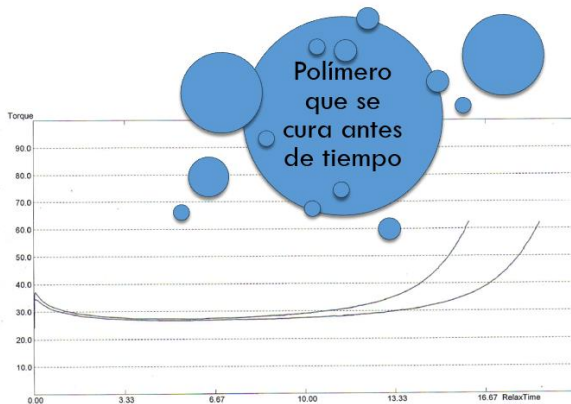
#### 5.3.1 Anexo #3.1 Propuesta de capacitación para el área de mezclado.

**BUENAS  
PRÁCTICAS**

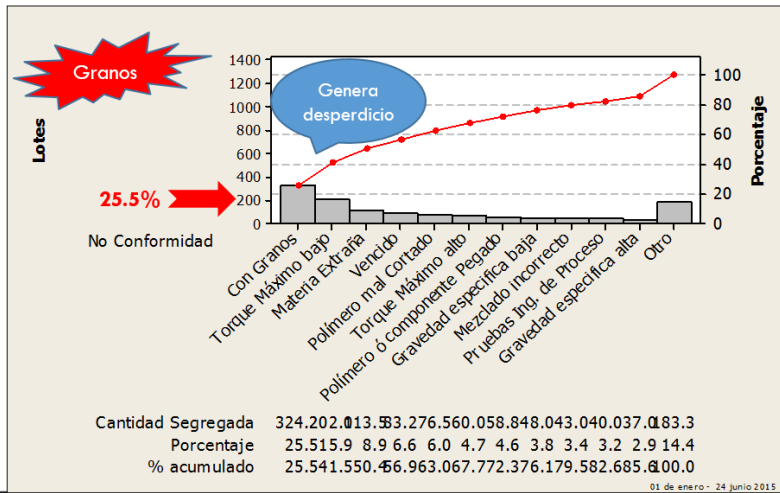


## BUENAS PRÁCTICAS EN EL MANEJO DE POLÍMEROS CON GRANOS

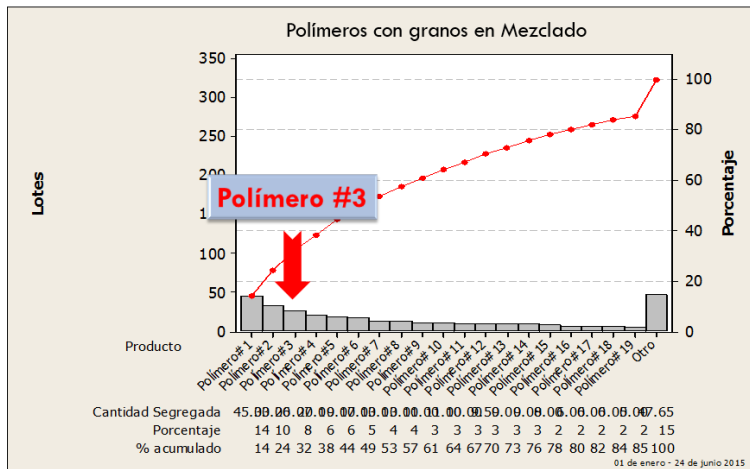
¿Qué es un grano?



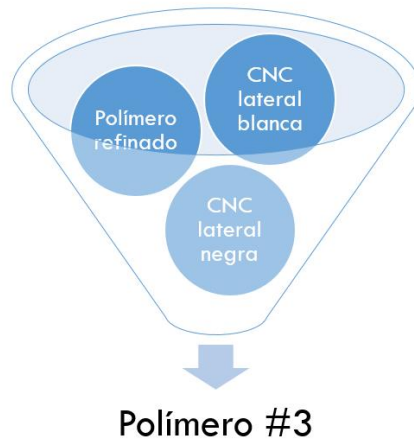
## Problemas frecuentes en Mezclado



## Problemas frecuentes en Mezclado



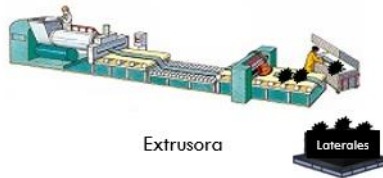
## Composición del Polímero #3



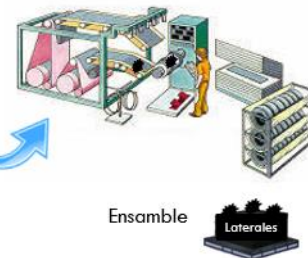
## Impacto de la mala segregación sobre los granos



Mezclado



Extrusora



Ensamble



Polímero refinado

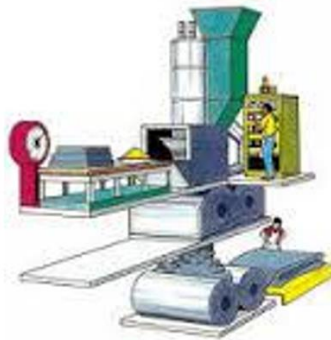


¿Qué podemos hacer para mejorar?



Trabajo en equipo

Buenas prácticas en Mezclado



**DOSIFICACIÓN DE POLÍMEROS REFINADOS EN EL ÁREA DE MEZCLADO**



Se dosifica en: CNC511 y Polímero #3



Se dosifica únicamente en Polímero #3



**RECUERDE QUE SE DOSIFICA SOLAMENTE UNA LÁMINA POR LOTE**

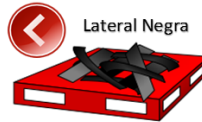


**NO DOSIFICAR LATERALES BLANCOS AL MEZCLAR CNC LATERAL NEGRA**

Lateral Blanca



ESTA IMAGEN NO SE MUESTRA POR RAZONES DE CONFIDENCIALIDAD



DEBIDO A QUE GENERA GRANOS EN EL CNC

ESTA IMAGEN NO SE MUESTRA POR RAZONES DE CONFIDENCIALIDAD

## ¿Qué provoca la combinación de laterales blancas y negras?

### Lateral negra

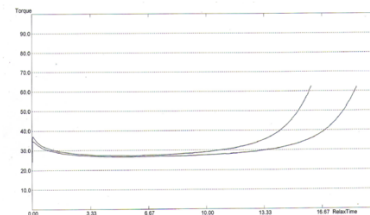


- Polímero #3
- Polímero #15
- Polímero #20
- Polímero #25
- Polímero #30

### Lateral blanca



- Polímero #3
- Polímero #15
- Polímero #20
- Polímero #25
- Polímero #38
- Polímero #39



Gracias

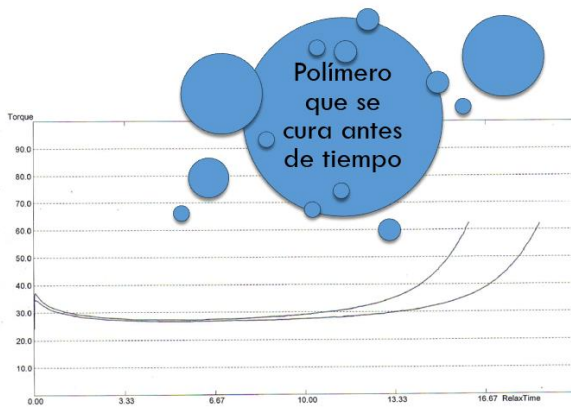
5.3.2 Anexo# 3.2 Propuesta de capacitación para el área de extrusión.

**BUENAS PRÁCTICAS**

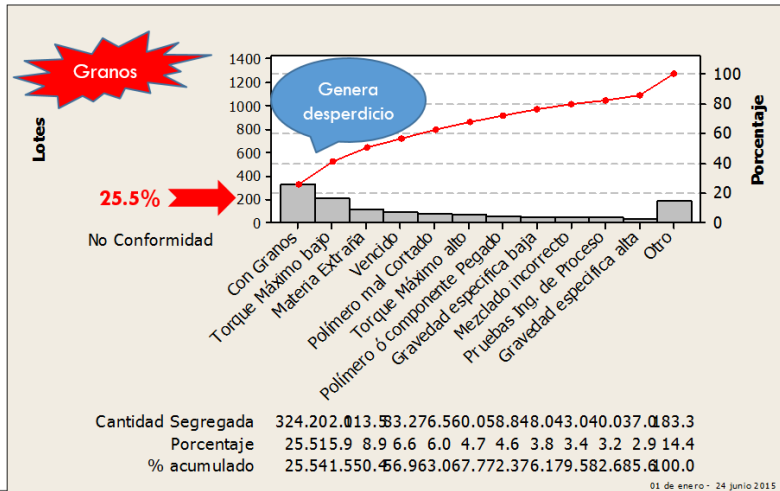


## BUENAS PRÁCTICAS EN EL MANEJO DE POLÍMEROS CON GRANOS

¿Qué es un grano?

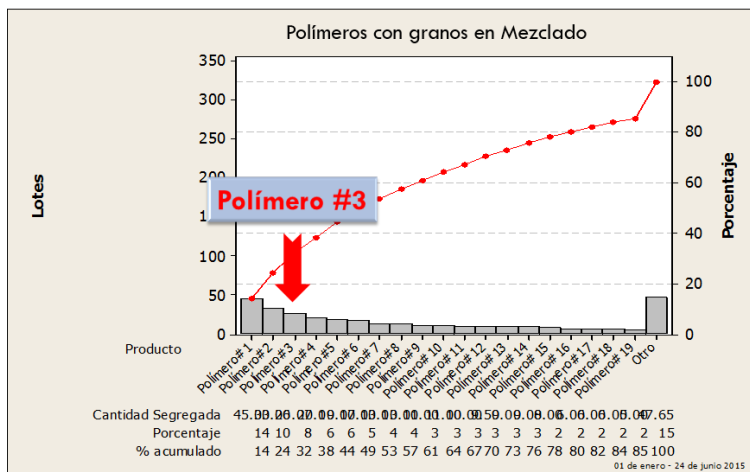


## Problemas frecuentes en Mezclado

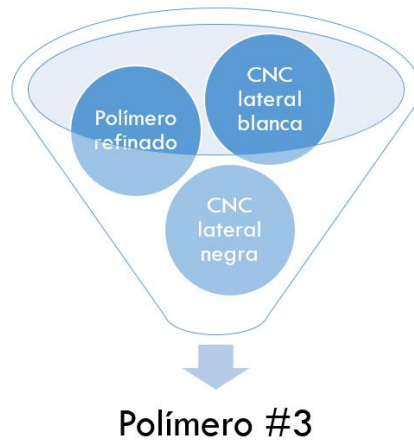


35 componentes de automóvil scrap por semana

## Problemas frecuentes en Mezclado



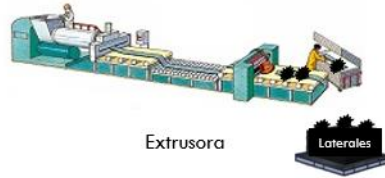
## Composición del Polímero #3



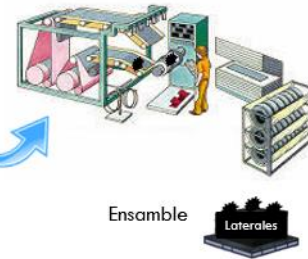
## Impacto de la mala segregación sobre los granos



Mezclado



Extrusora



Ensamble



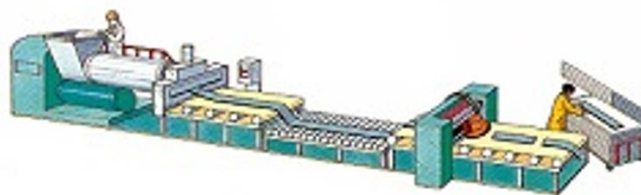
Polímero refinado

¿Qué podemos hacer para mejorar?



Trabajo en equipo

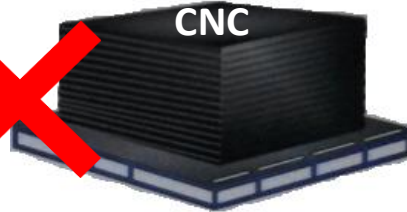
Buenas prácticas en Extrusión



## NO COLOCAR LATERALES O POLÍMEROS GRANEADOS EN LAS CHAPAS DE CNC

ESTA IMAGEN NO SE MUESTRA POR RAZONES DE CONFIDENCIALIDAD

ESTA IMAGEN NO SE MUESTRA POR RAZONES DE CONFIDENCIALIDAD



El material graneado se deposita en el contenedor para polímero graneado

## Buenas prácticas en Extrusión

ESTA IMAGEN SE HA OMITIDO POR RAZONES DE CONFIDENCIALIDAD

Carrucha  
Tarjeta roja

Laterales  
graneadas

ESTA IMAGEN SE HA OMITIDO POR RAZONES DE CONFIDENCIALIDAD

Laterales  
con otros  
defectos

ESTA IMAGEN SE HA OMITIDO POR RAZONES DE CONFIDENCIALIDAD



## Buenas prácticas en Extrusión

**No Mezclar CNC**



¿Qué provoca la combinación de laterales blancas y negras?

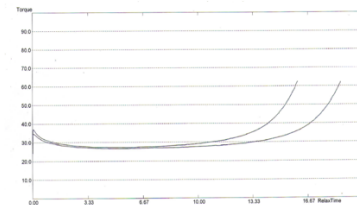
Lateral negro

Lateral blanco



- Polímero #3
- Polímero #15
- Polímero #20
- Polímero #25
- Polímero #30

- Polímero #3
- Polímero #15
- Polímero #20
- Polímero #25
- Polímero #38
- Polímero #39



Gracias

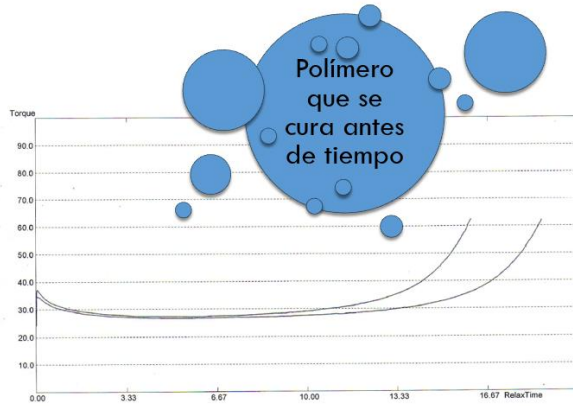
5.3.3 Anexo 3.3 Propuesta de capacitación para el área de ensamble.

**BUENAS  
PRÁCTICAS**

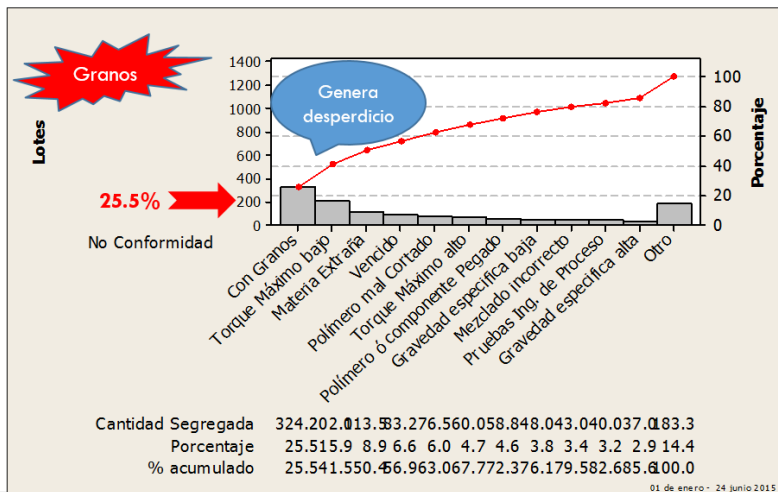


**BUENAS PRÁCTICAS EN EL MANEJO  
DE POLÍMEROS CON GRANOS**

## ¿Qué es un grano?

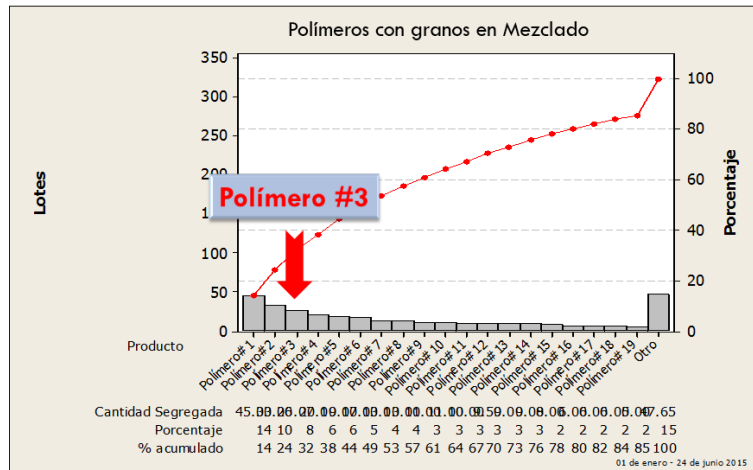


## Problemas frecuentes en Mezclado

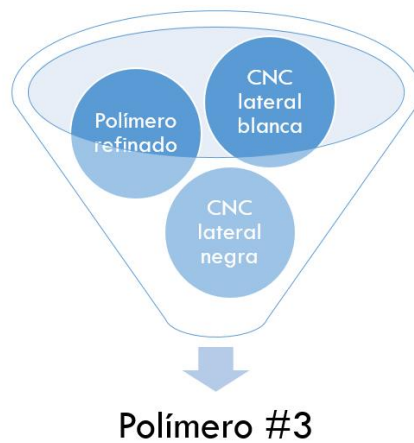


35 componentes de automóvil scrap por semana

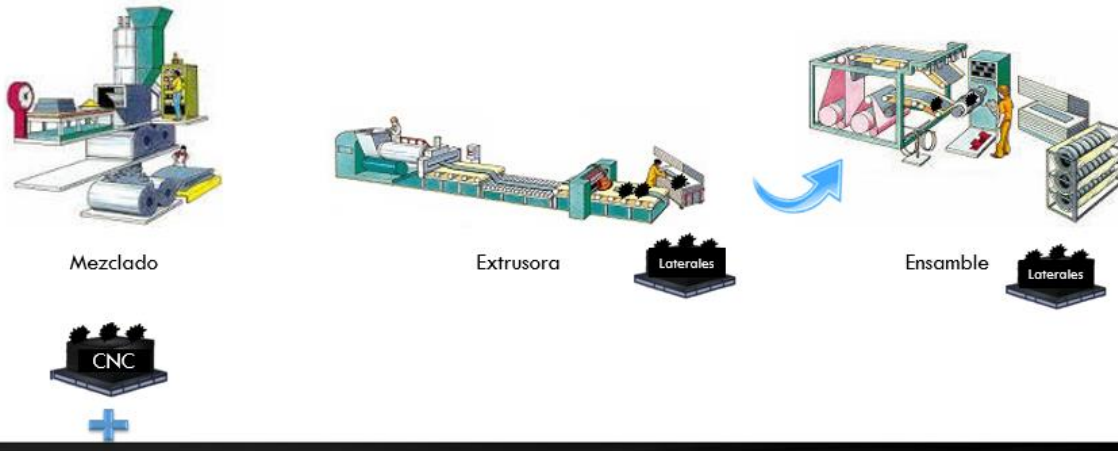
## Problemas frecuentes en Mezclado



## Composición del Polímero #3



## Impacto de la mala segregación sobre los granos



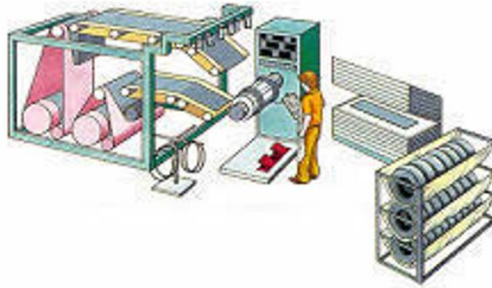
Polímero refinado

## ¿Qué podemos hacer para mejorar?



Trabajo en equipo

## Buenas prácticas ensamble



## Buenas prácticas ensamble



## SEGREGACIÓN DE LATERALES Y SELLANTES CON GRANOS EN EL ÁREA DE ENSAMBLE

QUITAR GRANO DE LATERAL O SELLANTE

ESTA IMAGEN NO SE MUESTRA POR RAZONES DE CONFIDENCIALIDAD



COLOCAR LATERAL O SELLANTE EN CAJÓN DE CNC

COLOCAR GRANO EN RECIPIENTE PARA DESPERDICIO

ESTA IMAGEN NO SE MUESTRA POR RAZONES DE CONFIDENCIALIDAD

## Buenas prácticas ensamble



NO colocar laterales negros y blancos juntos en armario de CNC



ESTA IMAGEN SE HA OMITIDO POR RAZONES DE CONFIDENCIALIDAD

Gracias

5.4 Anexo #4 Propuesta de presentación para el taller de liderazgo.



## LIDERAZGO Y COMUNICACIÓN ASERTIVA



## Dinámica. Presentación

- ❑ De la bienvenida al grupo, y pida que algunas personas voluntarias se presenten en el centro del grupo.
- ❑ Viendo cuáles son las personas que se presentan y después preguntar al resto de personas por qué no se han presentado y que expongan sus motivos.
- ❑ También se puede hacer que las personas que no se han presentado indiquen por qué los demás sí se han presentado.





¿Por qué creen que se han presentado ellos?

¿Por qué creen que no se han presentado?

## ¿Qué es liderazgo?



¿Quién puede explicar que es un líder?

¿Qué convierte a alguien en un líder o que hace que alguien se vea como un líder ante otros ?

¿Son cosas que la gente hace o que dice? Es alguna actitud, comportamiento o antecedente en particular?



## ¿Qué es liderazgo?

- Aquel que inicia e inspira acciones, motivando a un grupo hacia un objetivo en común.
- El liderazgo se traduce desde distintas formas.
- Puede ir desde compartir nuevos conocimientos, dar consejos y sugerencias; hasta vigilar, monitorear actividades, tomar decisiones, suministrar asistencia o dar aprobación y soporte.
- Los buenos líderes son seguidos predominantemente porque la gente confía en ellos y los respeta.



## ¿Qué es liderazgo?

- El liderazgo efectivo incluye consultar con los miembros del grupo y tener en cuenta sus consideraciones; tomar decisiones por el beneficio del grupo, y permitir a los miembros del grupo que ejerzan sus fortalezas.



## Dinámica: Qué características posee un líder

En su grupo de trabajo, hagan un listado de los conocimientos y cualidades personales que ustedes piensan que debe tener un líder.

Luego, hagan una lista de los conocimientos y cualidades personales que cada uno de ustedes piensa que tiene para ser un líder.

Comparen lo que supuestamente a ustedes les falta entre ambas listas.

Identifiquen una persona que ustedes conozca que se ajuste a la lista del número uno. Fundamenten.



## Liderazgo transformacional

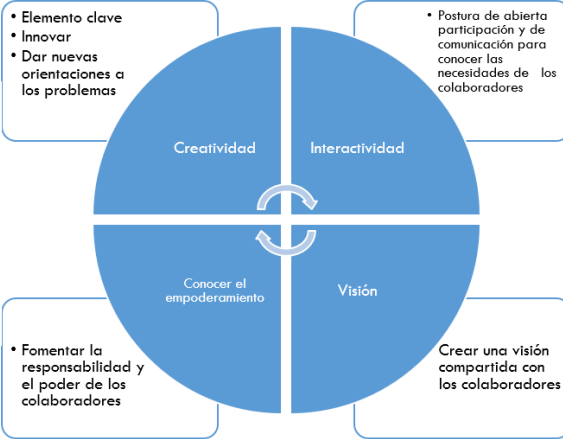


Habilidad para desarrollar y movilizar los recursos humanos hacia los niveles más altos de satisfacción, es decir que los colaboradores consigan más de lo que esperaban conseguir por ellos mismos, antes de ser liderados.

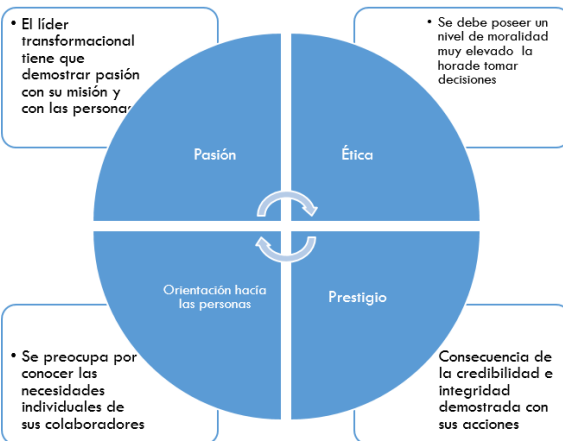
(Palomo Vadillo, 2010)



## Características del líder transformacional



## Características del líder transformacional



## Características del líder transformacional



## Liderazgo: El error más común de los líderes.



## Dinámica: Liderando al ciego



### Descripción de dinámica

## Dinámica: Liderando al ciego



- Paso 1.
  - Divida el grupo en parejas y entregue una venda a cada pareja.
  - Explique al grupo que una persona será vendada para que no pueda ver.
  - La persona que puede ver guiará a la persona vendada por los hombros, dirigiendo cada movimiento.
  - Explique que durante varios momentos del ejercicio usted le pedirá a los participantes que se queden quietos para usted poder explicar el siguiente paso del ejercicio.

## Dinámica: Liderando al ciego



- Paso 2.
  - Pídale a una persona que ponga y ate la venda sobre sus ojos.
  - Haga que los participantes se desplacen por el espacio y motive a los líderes que pueden ver a asegurarse que su pareja “vendada” no se estrelle con nadie ni con nada.
    - Trazar con cinta un camino en el piso colocando algunos conos a los lados.



## Dinámica: Liderando al ciego



- Paso 3.
  - Después de dos minutos pida a los participantes que se queden quietos o “congelados” para intercambiar los papeles y seguir caminando.
- Paso 4.
  - Después de otros dos minutos pida a los participantes que se queden quietos o “congelados”.
  - Explique que el líder con “visión” no sostendrá a la persona “vendada”, pero suministrará señales que indiquen hacia dónde dirigirse, tocando la persona “vendada” en los hombros.



## Dinámica: Liderando al ciego



### □ Paso 4.

Estas son las señales:

- 1. Ambas manos dando palmada sobre los hombros significa: PARE!
- 2. Una mano dando palmada sobre los hombros significa: GIRE A LA IZQUIERDA!
- 3. Una mano dando palmada sobre el hombro derecho significa: GIRE A LA DERECHA!
- 4. Ninguna mano significa: CONTINUE!

## Dinámica: Liderando al ciego



## Dinámica: Liderando al ciego



Estas son las señales:

- 1. Ambas manos dando palmada sobre los hombros significa: PARE!
- 2. Una mano dando palmada sobre los hombros significa: GIRE A LA IZQUIERDA!
- 3. Una mano dando palmada sobre el hombro derecho significa: GIRE A LA DERECHA!
- 4. Ninguna mano significa: CONTINUE!



## Dinámica: Liderando al ciego



## Dinámica: Liderando al ciego



### □ Paso 5.

- Haga que todos practiquen las señales sin moverse alrededor.
- Asegúrese que todos conocen las señales antes de continuar con el ejercicio.

### □ Paso 6.

- Continúe el ejercicio por dos minutos, congele a los participantes y pídale a las parejas que cambien roles de nuevo. Déjelos continuar.

## Dinámica: Liderando al ciego



### □ Paso 7.

- De nuevo, después de dos minutos pídale al grupo que se quede quieto o “congelado”. Explique que ahora la persona con “visión” se parará literalmente al lado mientras la persona “vendada” se desplaza por el espacio, asegúrese que todos conocen las señales antes de continuar con el ejercicio.
- La persona que está al lado solo puede dar instrucciones hablándole de lejos a la persona “vendada”. Esto significa que la persona “vendada” necesita poner mucho cuidado para escuchar a su pareja.

## Dinámica: Liderando al ciego

¿Cómo estuvo el ejercicio?

¿Qué encontró que era más fácil: Tener la venda o poder ver? Seguir o guiar?

¿Cuáles formas de liderazgo o de seguimiento encontraron ustedes eran las más fáciles?

Sosteniendo

Dando  
Palmas

Estar lado

## Dinámica: Liderando al ciego



- ¿Qué pasa si la persona no los guía correctamente?
- ¿Qué habría pasado si ustedes no hubieran confiado en la persona que los estaba guiando?



## Dinámica: Se busca jefe



### Descripción de dinámica

## Dinámica: Se busca jefe



- El Facilitador explica los objetivos del ejercicio.
- II. El Facilitador lee en voz alta los anuncios o los muestras en un proyector.(Los anuncios deben ser solicitar candidatos para puestos directivos que se relacionen con las ocupaciones de los participantes).
- III. Se distribuyen las hojas y los lápices a los participantes.
- IV. Se forman grupos de acuerdo con el anuncio que más les haya gustado. Se les da una copia del anuncio para que se basen en él durante el ejercicio.
- V. Se les pide a los grupos que aumenten las características, esenciales y deseables que el candidato debe tener.
- VI. Cada grupo presenta su lista con los atributos deseables y esenciales, mientras que el resto de los grupos hace preguntas para aclarar dudas.
- VII. Se vuelven a reunir en grupos, e individualmente se evalúan basándose en los términos del criterio del grupo. Después los miembros del grupo discuten sus autoevaluaciones y sugieren mejoras para otros miembros.

## Dinámica: Se busca jefe

- VIII. Se reúne el grupo en general para comentar la experiencia, siendo el orden siguiente:
  - 1- Las reacciones de los miembros.
  - 2- Reportes de las discusiones en los grupos.
  - 3- Nuevos conocimientos de uno mismo.
  - 4- Nuevos aprendizajes acerca de requerimientos o características directivas.
  - 5- Planes que los participantes piensan aplicar en situaciones de trabajo o en su casa.
- V. El Facilitador guía un proceso para que el grupo analice, como se puede aplicar lo aprendido en su vida.

## Se busca jefe de turno en planta química

- *Entre sus funciones se encuentran:*
  - Asignación de los puestos de trabajo a los Operarios, en función del Planning de Producción.
  - Coordinación de todos los medios materiales y humanos a su cargo para garantizar la salud y seguridad de todos los Operarios a su cargo, así como del medio ambiente, de las máquinas y herramientas de la planta.
  - Control del correcto desarrollo de procesos de fabricación y del cumplimiento de normativas por parte de los Operarios bajo su supervisión.

## Se busca jefe de turno en planta química

- *Requisitos y competencias:*
- Ingeniero Técnico –Industrial, especialidad en Química Industrial
- Experiencia mínima 2 años
- Nivel de inglés avanzado
- Excelente presentación
- Dinamismo

## Se busca jefe de planta en empresa de fertilizantes

- Ingeniero encargado de velar por el manejo eficiente de la planta de producción, con la finalidad de garantizar la productividad y calidad del producto final, desde la descarga de barco hasta la entrega del producto en el punto de destino, alcanza la excelencia organizacional mediante la planificación, organización, dirección y control de todos los aspectos relativos al proceso logístico, administrativo, productivo y manejo de inventario de la planta.
- Acompañara a la empresa en su crecimiento, desarrollando, actualizando, implementando y ejecutando proyectos innovadores en las operaciones de la planta para que este crecimiento sea sostenible.

## Se busca jefe de planta en empresa de fertilizantes

- **Competencias:**
  - Asegurar la ejecución
  - Actuar con iniciativa
  - Analizar y resolver problemas
- **Requisitos:**
  - Ingeniero Industrial
  - Maestría (Deseable)
  - 5 años años de experiencia
  - Edad de 25 a 40 años

## Conclusiones

- Un líder siempre se involucra, esta motivado y motiva a sus colaboradores a alcanzar las metas.



A word cloud featuring various motivational and leadership-related terms. The words are arranged in a cluster, with 'MOTIVACION' being the largest and most prominent word in the center. Other visible words include 'inspiración', 'poder', 'energía', 'atracción', 'positivismo', 'sueños', 'fuerza', 'alegría', 'mente', 'secretos', 'metas', and 'creer'. The colors of the words vary, including shades of green, orange, and purple.



## Conclusiones

- El liderazgo abre la puerta para que podamos cumplir con las metas de nuestro equipo y nuestra organización, de una manera efectiva y eficiente con un personal solidario y comprometido.

Un líder asertivo  
dirige, no impone.

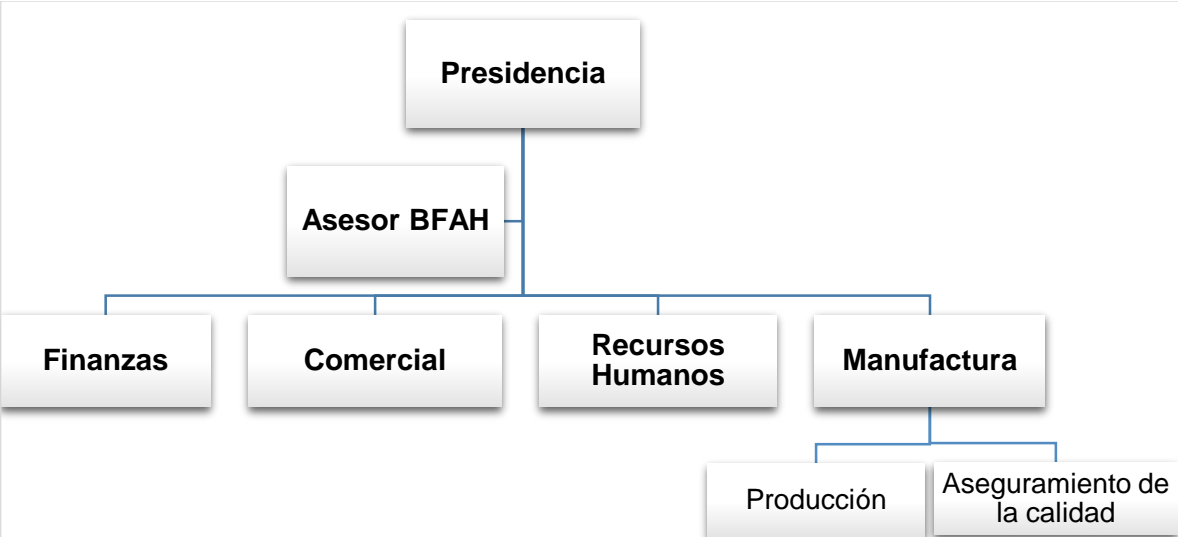


Gracias

5.5 Anexo #5 Propuesta de bitácora para reunión de evaluación del desempeño.

<b>Bitácora de Reunión Evaluación del Desempeño Area Mezclado</b>		
<b>I. Datos generales</b>		
Fecha: Nombre del supervisor: Cuadrilla:		
<b>Operario</b>	<b>Presente/Ausente</b>	
<b>II. Agenda</b>		
<b>Actividad</b>		
1	Revisión del cumplimiento del indicador de tarjetas rojas.	
2	Determinación de causas asociadas.	
3	Determinación de acciones para mejorar.	
4		
5		
<b>III. Acuerdos</b>		
	<b>Acuerdo</b>	<b>Responsable</b>
1		
2		
3		
4		
5		
<b>IV. Observaciones</b>		

5.6 Anexo #6 Organigrama de la empresa.



Fuente: La compañía

5.7 Anexo # 7 Tamaños de muestra para B vs C, errores  $\alpha$  y  $\beta$ .

Consecuencia de una desición errónea		No. de muestras aleatorizadas		Valores de K (Diferencia entre medias) Riesgo		
				0,50	$\beta =$ 0,10	0,05
Riesgo $\alpha$	Confianza	B's	C's	3.0*	4,0	4,3
0,001	0,999			2	43	3.9*
<b>Super crítico</b>		3	16	2,5	3,6	3,9
				3,2	4,5	5,0
Muchas vidas pérdidas		4	10	2,3	3,4	3,8
				2,9	4,3	4,8
Comida contaminada		5	8	2,2	3,4	3,7
				2,9	4,3	4,7
Reactores nucleares		6	6	2,2	3,3	3,7
				2,8	4,2	4,7
Riesgo $\alpha$	Confianza	2	13	2,3	3,4	3,8
0,01	0,99			3,0	4,4	4,6
<b>Crítico</b>		4	7	2,0	3,2	3,6
				2,6	4,1	4,6
Pocas vidas pérdidas		4	5	2,0	3,1	3,5
				2,5	4,0	4,5
Hasta \$100 million		5	4	2,0	3,1	3,5
				2,5	4,0	4,5
Riesgo $\alpha$	Confianza					
0,05	0,95					
<b>Importante</b>		1	19	2,5	3,6	3,9
				3,2	4,6	5,0
Hasta \$ 100K		2	5	1,7	3,0	3,4
				2,2	3,8	4,3
		3	3	1,6	2,9	3,3
				2,0	3,7	4,2
		4	3	1,7	3,0	3,4
				2,2	3,8	4,3
Riesgo $\alpha$	Confianza					
0,10	0,90					
<b>Moderado</b>		1	9	2,1	3,2	3,6
				2,6	4,1	4,6
Más de \$10K		2	3	1,4	2,7	3,2
				1,8	3,5	4,0
		3	2	1,4	2,7	3,2
				1,8	3,5	4,0

## 5.8 Anexo # 8 Cuestionario Nivel 1

Instrucciones: Encierre en un círculo en número que represente mejor su respuesta a cada pregunta, 1 es el más bajo 4 el más alto.

No	Ítems	Excelente	Bueno	Adecuado	Pobre
1	Le gustó la capacitación.	4	3	2	1
2	Los temas expuestos tienen relación con su actividad laboral.	4	3	2	1
3	Uso apropiado de medios audiovisuales (presentación, videos, etc.) que facilitaron el aprendizaje.	4	3	2	1
4	La información brindada fue expuesta de una manera clara y ordenada.	4	3	2	1
5	El expositor logró mantener su interés durante toda la sesión.	4	3	2	1

7. ¿Qué fue lo que más le gusto de esta sesión?

---



---

8. ¿Qué fue lo que menos le gustó de esta sesión?

---



---

9. ¿Qué cree que se podría hacer en presentaciones futuras para mejorar el aprendizaje de los temas tratados en la sesión?

---



---

*SI LO DESEA ANOTE AQUÍ SU NOMBRE:*

---

### 5.9 Anexo # 9 Instructivo de calificación para cuestionario de nivel 1

No.	Ítems	Puntaje grupal	% promedio	Calificación
1	Le gustó la capacitación.			
2	Los temas expuestos tienen relación con su actividad laboral.			
3	Uso apropiado de medios audiovisuales (presentación, videos, etc.) que facilitaron el aprendizaje.			
4	La información brindada fue expuesta de una manera clara y ordenada.			
5	El instructor logró mantener su interés durante toda la sesión.			
<b>PROMEDIO GENERAL</b>				
<b>CALIFICACIÓN</b>				

1. Sume la puntuación que los participantes dieron en cada pregunta y anote el resultado en puntaje grupal.

2. Obtenga el porcentaje promedio realizando las siguientes operaciones.

$$\frac{\text{Puntaje grupal}}{\text{Número de participantes} \times 4} = \% \text{ promedio}$$

3. Utilice la siguiente escala para establecer la calificación.

Tabla 19 Escala de calificación para cuestionario de nivel 1

0%- 50%	Deficiente	D
51%-70%	Regular	R
71%-90%	Bueno	B
91%-100%	Excelente	E

4. Obtenga el promedio general sumando el porcentaje promedio y dividiendo entre la cantidad de preguntas, utilice nuevamente la escala anterior para obtener la calificación general.

5. Haga un resumen de los comentarios realizados por los participantes en las preguntas 7, 8 y 9.

## 5.10 Anexo # 10 Cuestionario Nivel 2

### 5.10.1 Anexo # 10.1 Cuestionario Nivel 2 Proceso de Mezclado

#### ENCUESTA DE EVALUACIÓN SOBRE BUENAS PRÁCTICAS EN EL MANEJO DE POLÍMERO CON GRANOS

Sírvase responder de forma clara y ordenada las siguientes preguntas.

Esta encuesta tiene por propósito únicamente cuantificar el aprendizaje adquirido posterior a la capacitación buenas prácticas en el manejo de polímeros con granos.

#### PROCESO DE MEZCLADO

1. ¿Qué es un grano de polímero?

#### **CNC**

2. ¿Qué tipos de CNC utiliza el polímero # 3?

3. ¿Para la mezcla de polímero CNC lateral negro puedo dosificar lateral blanco?

Si ( ) No ( )

¿Por qué?

#### **Refinado R51**

4. ¿En cuáles polímeros puedo dosificar R51?

5. ¿Cuántas láminas por lote?

#### **Refinado R52**

6. ¿En cuáles polímeros puedo dosificar R52?

7. ¿Cuántas láminas por lote?

5.10.2 Anexo # 10.2 Cuestionario Nivel 2 Proceso de Extrusión

**ENCUESTA DE EVALUACIÓN SOBRE BUENAS PRÁCTICAS EN EL MANEJO DE POLÍMERO  
CON GRANOS**

Sírvase responder de forma clara y ordenada las siguientes preguntas.

Esta encuesta tiene por propósito únicamente cuantificar el aprendizaje adquirido posterior a la capacitación buenas prácticas en el manejo de polímeros con granos.

**PROCESO DE EXTRUSIÓN**

1. ¿Qué es un grano de polímero?
  
2. ¿Qué debo hacer si veo un grano en el lateral?
  
3. ¿Qué debo hacer si los laterales están saliendo con muchos granos (aproximadamente más de 10 granos en un metro)? ¿Dónde coloco estos laterales?
  
4. ¿Qué sucede si se colocan laterales CNC banda negra y banda blanca en una misma chapa?
  
5. ¿Cómo se reprocesan los laterales con granos? ¿En cuál área?
  
6. ¿Con qué prontitud se deben laminar las cabezas?  
( ) Inmediatamente      ( ) Cuando haya una carga suficiente      ( ) Cuando estén frías  
¿Por qué?
  
7. ¿Cómo debo de dosificar las perchas en la entrada de la extrusora?  
( ) En conjunto con una tira de polímero      Solo la percha ( )



**ENCUESTA DE EVALUACIÓN SOBRE BUENAS PRÁCTICAS EN EL MANEJO DE POLÍMERO CON GRANOS**

Sírvase responder de forma clara y ordenada las siguientes preguntas.

Esta encuesta tiene por propósito únicamente cuantificar el aprendizaje adquirido posterior a la capacitación buenas prácticas en el manejo de polímeros con granos.

**PROCESO DE ENSAMBLE**

1. ¿Qué es un grano de polímero?
3. ¿Cómo se segregan los laterales con granos? (Para el caso de una carrucha y para el caso de un solo lateral).
4. ¿Cómo se reprocesan los laterales con granos? ¿En cuál área?
5. ¿Qué sucede si se colocan laterales blancos y negros en un mismo cajón?